Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

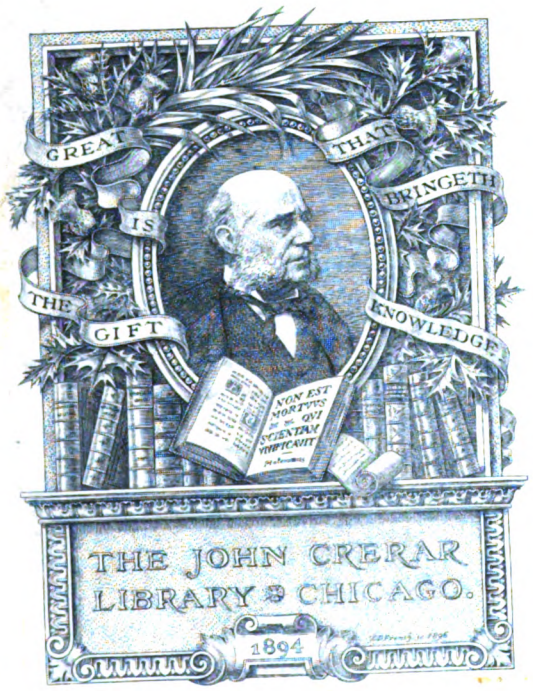
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

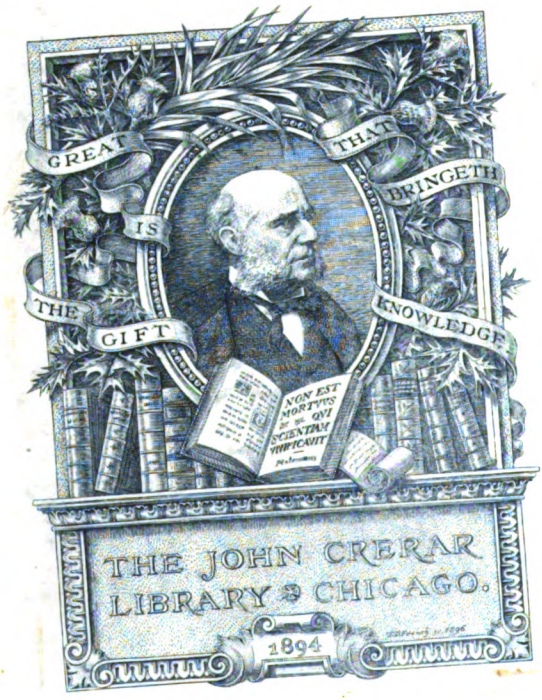
Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

MITTEILUNGEN
DES INTERNATIONALEN VERBANDES FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

BAND II
MAI 1910 — MAI 1913.

II. TEIL:

DER VI. KONGRESS

ABGEHALTEN IN NEW YORK IN DER ZEIT VOM 3. BIS 7. SEPTEMBER 1912.

II. ABSCHNITT:

BERICHTE ÜBER ZEMENTE, STEINE, BETON, EISENBETON UND DIVERSES. VERHANDLUNGEN DER SEKTIONEN B UND C.

HERAUSGEGEBEN VOM INTERNATIONALEN VERBANDE FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK. GENERALSEKRETARIAT: WIEN, II., NORDBAHNSTRASSE 50.

KOMMISSIONSVERLAG: J. SPRINGER, BERLIN UND M. O. WOLFF, ST. PETERSBURG.

Digitized by Google

THE
JOHN CRERAR
LIBRARY

Digitized by Google

INHALTS-VERZEICHNIS
DES ZWEITEN ABSCHNITTES DER VERÖFFENTLICHUNGEN DES VI. KONGRESSES.

(Berichte und Verhandlungen über Zemente, Steine, Beton, Eisenbeton [B] und Diverses [C]).

(Siehe auch Namenregister am Schlusse dieses Abschnittes.)

A, B, C bedeuten die Protokolle der 3 Sektionen (z. B. A, p. 113 = Protokoll der Sektion A, Seite 113). Die eingeklammerten Ziffern bezeichnen die Nummer des Heftes der „Mitteilungen", in welcher die betreffende Veröffentlichung erschienen ist. Die römischen Ziffern bezeichnen die einzelnen Berichte.

Druckfehler und Berichtigungen zum II. Abschnitt.

Die dem VI. Kongresse vorgelegten Berichte über Zemente, Steine, Beton und Eisenbeton (B):

XII. Eisenbeton.

Bericht der Eisenbeton-Kommission. Von Prof. **F. Schüle,** Zürich. (11) — Diskussion B, p. 93 . . . . . XII$_1$

a) **Übersicht über die seit dem V. Kongreß, Kopenhagen 1909, unternommenen wissenschaftlichen Versuche und Versuche zur Kontrolle der Bauausführung auf dem Gebiete des Eisenbetonbaues in Deutschland.** Mitgeteilt vom Deutschen Ausschuß für Eisenbeton, Berlin.

b) **Bericht über die Untersuchungen von armiertem Beton in Österreich.** Von Prof. **B. Kirsch,** Wien.

c) **On the Investigations in Reinforced Concrete in the United States of America.** By Prof. **A. N. Talbot,** Urbana, Ill. — Diskussion B, p. 95.

d) **Some Notable British Tests Regarding the Strength of Reinforced Concrete.** By **Edwin O. Sachs,** London.

e) **Reinforced Concrete Tests Made in Denmark.** By Prof. **E. Suenson,** Copenhagen.

f) **Recherches expérimentales sur le béton armé en Suisse.** Par le prof. **F. Schüle,** Zürich.

Bauunfälle im Eisenbetonbau. Von Dr. **F. v. Emperger,** Wien. (8) — Diskussion B, p. 103 . . . . . XII$_2$

Untersuchungen an durchlaufenden Eisenbetonkonstruktionen. Von Prof. **H. Scheit,** Dresden und Dr. Ing. **E. Probst,** Berlin. (11) — Diskussion B, p. 103 . . . . . XII$_3$

Verhältnis zwischen der Festigkeit und der Elastizität des auf Druck beanspruchten Betons. Von Prof. **F. Schüle,** Zürich. (8) — Diskussion B, p. 108 . . . . . XII$_4$

691.06 [illegible]
3

Digitized by Google

XIII. Festigkeit der Zemente.

Einheitliche Prüfung hydraulischer Bindemittel mittels Prismen. — Normalsand. Kommissions-Bericht von Prof. **F. Schüle**, Zürich. (9) — Diskussion B, p. 76 . . . . . XIII$_1$

Prüfung der Festigkeit unter Benutzung von Prismen, hergestellt aus plastischem Mörtel. Von Prof. **M. Gary**, Berlin-Lichterfelde West. (9) — Diskussion B, p. 76 . . . . . XIII$_2$

Das Anwachsen der Festigkeit von Zementmörteln. Von **E. Candlot**, Paris. (10) — Diskussion B, p. 5 . . . . . XIII$_3$

XIV. Raumbeständigkeit.

Beschleunigte Raumbeständigkeitsprobe des Zements nach Le Chatelier. 1. Bericht zur Hauptfrage von **Bertram Blount**, London. (9) — Diskussion B, p. 30, 50 . . . . . XIV$_1$

Beschleunigte Prüfung der Raumbeständigkeit von Portlandzementen. 2. Bericht zur Hauptfrage von Prof. **M. Gary**, Berlin-Lichterfelde. (9) — Diskussion B, p. 30, 50 . . . . . XIV$_2$

Die Kochprobe und die Raumbeständigkeit des Portlandzementes bei trockener Lagerung. Von Prof. **F. Schüle**, Zürich. (9) — Diskussion B, p. 32 . . . . . XIV$_3$

Über die Prüfung der hydraulischen Bindemittel. Von **J. Bied**, Viviers (Ardèche). (9) — Diskussion B, p. 33 . . . . . XIV$_4$

Bewährung kochunbeständiger Zemente in der Praxis. Von **M. Gary**, Berlin-Lichterfelde (Nachtrag zu 13). — Diskussion B, p. 31 . . . . . XIV$_5$

XV. Feinste Teile im Portlandzement.

Aufsuchung eines Verfahrens zur Bestimmung des feinsten Mehles im Portland-Zement. Von Prof. **M. Gary**, Berlin-Lichterfelde. (11) — Diskussion B, p. 2 . . . . . XV$_1$

Untersuchung der Windsichtung als Mittel zur quantitativen Bestimmung der feinsten, in pulverartigen Substanzen enthaltenen Partikeln. Von **R. Feret**, Boulogne-sur-mer. (11) — Diskussion B, p. 3 . . . . . XV$_2$

Bestimmung des feinsten Mehles im Portland-Zement. Von **Mayntz Petersen**, Kopenhagen. (11) — Diskussion B, p. 1 . XV$_3$

Die Bedeutung des feinsten Mehles im Portland-Zement. Von Prof. **F. Schüle** und **Dr. H. D. Gottrau**, Zürich. (11) — Diskussion B, p. 4 . . . . . XV$_4$

XVI. Puzzolane.

Diatomeen-Erde als Puzzolan für Zement. Von **A. Poulsen**, Lemvig. (10) — Diskussion B, p. 13 . . . . . XVI$_1$

XVII. Zement im Meerwasser.

Untersuchung des Zustandes der im Baltischen Meere im Hafen von Libau versenkten Versuchs- und Baublöcke. Von **W. Czarnomski**, St. Petersburg. (8) — Diskussion B, p. 83 . . . . . XVII$_1$

Digitized by Google

Die Einwirkung des Meerwassers auf die hydraulischen Bindemittel. Von **Lombard** und **Deforge,** La Rochelle. (10) — Diskussion B, p. 82 . . . . . XVII$_2$

Über die Einwirkung von Meerwasser auf Eisenbeton. Von **V. J. P. de Blocq van Kuffeler,** Hoorn. (10) — Diskussion B, p. 81 . . . . . XVII$_3$

Antrag auf Festsetzung eines einheitlichen SO_3-Gehaltes im Portlandzement. Vom **Verein Deutscher Portlandzement-Fabrikanten** in Kalkberge (Mark). (9) — Diskussion B, p. 57 . XVII$_4$

Über die mechanische Festigkeit und das Verhalten im Meere von Mörteln aus gestoßenem Sande, verglichen mit Mörteln aus Seesand. Von **M. Gassier,** Marseille. (11) — Diskussion B, p. 108 . . . . . XVII$_5$

Die Porosität der Mörtel. Von **J. Bied,** Viviers. (10) — Diskussion B, p. 89 . . . . . XVII$_6$

XVIII. Verschiedenes über Zemente.

Über verschiedene chemische Erscheinungen, welche bei technischen Untersuchungen beobachtet worden sind. Von **J. Bied,** Viviers (Ardèche). (9) — Diskussion B, p. 27 . . . . . XVIII$_1$

XIX. Steine und Mauerwerk.

Wetterbeständigkeit der Bausteine. Von Prof. **A. Hanisch,** Wien. Mit Beiträgen von Prof. Dr. **R. Oebbeke,** München, Prof. Dr. **J. A. Grutterink,** Delft, **J. Allen Howe,** London, und Prof. Dr. **J. Hirschwald,** Berlin. (11) — Diskussion B, p. 65 . . . XIX$_1$

Mitteilung über die Werkzeuge zur Prüfung von Pflastermaterialien. Von **P. Labordère** und **F. Anstett,** Paris. (10) — Diskussion B, p. 75 . . . . . XIX$_2$

Untersuchung des Einflusses der Mörtelzusammensetzung und der Qualität der Bausteine auf die Wetterbeständigkeit des Mauerwerkes. Von Prof. **J. A. v. d. Kloes,** Delft. (11) — Diskussion B, p. 63 . . . . . XIX$_3$

Über den Einfluß fehlerhafter Mörtelmischung. Von Dr. Ing. **Anton Hambloch,** Andernach am Rhein (11) — Diskussion B, p. 64 . . . . . XIX$_4$

Die physikalische Prüfung von Schotter für Eisenbahngleisbettungen. Von **A. T. Goldbeck** und **F. M. Jackson,** Washington, D. C. (13) — Diskussion B, p. 74 . . . . . XIX$_5$

XX. Beton.

Elektrolytische Wirkung auf nichtarmierten Beton. Von **Cyril de Wyrall,** New York. (9) — Diskussion B, p. 104 . . . . . XX$_1$

Wasserdichter Beton. Von **Albert Grittner,** Budapest. (8) — Diskussion B, p. 89 . . . . . XX$_2$

Versuche für Beton. Von **Cloyd M. Chapman,** New York (11) — Diskussion B, p. 105 . . . . . XX$_3$

Digitized by Google

Versuche des Meliorationsbauamtes der Amerikanischen Bundesregierung mit Betonmaterialien. Von **J. Y. Jewett**, Denver, Colorado. (13) — Diskussion B, p. 25 . . . . . **XX4**

Verhandlungen der Sektion B (16):

(Die Angabe der Seite, wo die Diskussion über die einzelnen Berichte zu finden ist, ist im vorangehenden Inhaltsverzeichnisse auch jedem Berichte beigefügt.)

Seite

Feinstes Mehl im Portlandzement . . . . . 1—5
Zu den Liefervorschriften für Zemente . . . . . 5—13, 57—63
Puzzolane . . . . . 13—25
Verschiedene chemische Erscheinungen . . . . . 27—29
Betonprüfung, Mörtelprüfung . . . . . 25—29, 76—81, 105—109
Festigkeit von Zementen . . . . . 76—81
Beton und Zement in Meerwasser . . . . . 81—88, 91
Raumbeständigkeit . . . . . 30—57
Wetterbeständigkeit von Mauerwerk . . . . . 63—65
Wetterbeständigkeit von Steinen . . . . . 65—74
Prüfung von Schotter und Straßenpflaster . . . . . 74—75
Wasserdichter Beton . . . . . 89—92
Elektrolytischer Einfluß auf Beton 104
Eisenbeton . . . . . 93—104
Feuerfestigkeit von Eisenbetonkonstruktionen (siehe hauptsächlich Sektion C) 89

Die dem VI. Kongresse vorgelegten Berichte über verschiedene Materialien (C) (16:)

XXI. Öle.

Versuche mit Zylinderölen für überhitzten Dampf. Von **Em. Camerman**, Brüssel. (10) — Diskussion C, p. 45 . . . . . **XXI1**

Über die praktische Bestimmung der Viskosität von Ölen. Von **Leonardo Fea**, Rom. (13) — Diskussion C, p. 44, 56 . . . . **XXI2**

Über Ölprüfung. Von Dr. **M. Albrecht**, Hamburg. (13) — Diskussion C, p. 54 . . . . . **XXI3**

XXII. Kautschuk.

Bericht über den gegenwärtigen Stand der Kautschukanalyse. Von Prof. Dr. **F. Willy Hinrichsen**, Berlin. (8) — Diskussion C, p. 77 . . . . . **XXII1**

Gegenwärtiger Stand der mechanischen Kautschukprüfung nach den im Königlichen Materialprüfungsamte zu Berlin-Lichterfelde gewonnenen Versuchserfahrungen. Von Prof. **K. Memmler**, Berlin-Lichterfelde. (9) — Diskussion C, p. 62 **XXII2**

Einige Apparate für Zugversuche mit Kautschuk. Von **P. L. Wormeley**, Washington, D. C. (11) — Diskussion C, p. 69 **XXII3**

Digitized by Google

XXIII. Holz.

Über Holzprüfung. Von Prof. **M. Rudeloff**, Berlin-Lichterfelde. (13) — Diskussion C, p. 29, 35 . . . . . XXIII 1

Über Holzbiegeproben, ausgeführt in der staatlich-dänischen Versuchsanstalt in Kopenhagen. (9) — Diskussion C, p. 22 XXIII 2

Härteprüfung des Holzes mittels Kugeldruckverfahrens. Von Dr. **G. Janka**, Mariabrunn. (13) — Diskussion C, p. 21, 33 XXIII 3

Über die Mittel zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Pflasterungshölzern. Von **P. Labordère** und **F. Anstett**, Paris. (10) — Diskussion C, p. 22 . . . . . XXIII 4

Untersuchung der amerikanischen Forstverwaltung an einheimischen Hölzern, besonders hinsichtlich ihrer mechan. Eigenschaften. Von **McGarvey Cline**, Madison. (13) — Diskussion C, p. 17 . . . . . XXIII 5

Festigkeit, Elastizität und andere Eigenschaften der Harthölzer aus Neusüdwales. Von Prof. **W. H. Warren**, Sydney. (13) — Diskussion C, p. 17 . . . . . XXIII 6

XXIV. Anstriche.

Anstriche für Metallteile. Von **Allerton S. Cushman**, Washington. (10) — Diskussion C, p. 1 . . . . . XXIV 1

Bericht über Farbprüfungen. Von **P. Labordère** und **F. Anstett**, Paris. (10) — Diskussion C, p. 7 . . . . . XXIV 2

Die Volumenauffassung bei der Prüfung von Anstrichmaterialien. Von **Gustave W. Thompson**, Brooklyn, N. Y. (11) — Diskussion C, p. 2 . . . . . XXIV 3

Vergleiche zwischen der Brauchbarkeit von Röhren aus Gußeisen und weichem Flußeisen als Wasserleitungen in den Vereinigten Staaten. Von **J. N. Speller**, Pittsburg, Pa. (11) — Diskussion A, p. 38 . . . . . XXIV 4

Eine Schnellprobe auf die relative Angreifbarkeit von Eisensorten in Wasser und wässerigen Lösungen. Von **Frank Lyon**, Annapolis, Md. (11) — Diskussion A, p. 35, 47 . . . . . XXIV 5

XXV. Bitumen.

Vorschläge für die Begriffsbestimmung des Bitumens. Von Prof. **D. Holde** und **J. Marcusson**, Berlin-Lichterfelde. (11) — Diskussion C, p. 14 . . . . . XXV 1

Über den Gehalt an Bindestoff für bituminöse Schotterdecken. Von **Prévost Hubbard**, Washington, D. C. (11) — Diskussion C, p. 12 . . . . . XXV 2

Einfluß des Durchmessers des Bitumenbehälters auf das Ergebnis des Eindringversuches. Von **Charles S. Reeve**, Washington, D. C. (11) — Diskussion C, p. 12 . . . . . XXV 3

Digitized by Google

XXVI. Straßenbaumaterial.

Einheitliche Prüfungsverfahren für Straßenbaumaterial. Von Prof. **A. Mesnager**, Paris. (Nachtrag zu 13) — Diskussion C, p. 55 . . . . . **XXVI**$_1$

Mit einem Anhang: **Über die Versuchsverfahren in den verschiedenen Ländern**, und zwar in

a) **Deutschland.** Von **H. Burchhartz** und **B. Stock**, Berlin. (13)
b) **Österreich.** Von Prof. **A. Hanisch**, Wien. (13)
c) **Belgien.** Von **E. Camerman**, Brüssel. (13)
d) **Dänemark.** Von Prof. **H. I. Hannover**, Kopenhagen. (13)
e) **Ungarn.** Von **A. Fock**, Budapest. (13)
f) **Norwegen.** Von **H. Skougard**, Christiania. (13)
g) **Niederlande.** Von **M. E. H. Tjaden**, Breda. (13)

XXVII. Feuersicherheit und Explosivkörper.

Die Feuersicherheit von Beton und Eisenbeton. Von **Edwin O. Sachs**, London. (11) — Diskussion B, p. 83, C, p. 37 . **XXVII**$_1$

Amerikanische Feuerproben mit Decken. Von **Ira H. Woolson** und **R. P. Miller**, New York. (Nachtrag zu 13 und 16) — Diskussion C, p. 40 . . . . . **XXVII**$_2$

Die Notwendigkeit einheitlicher Prüfung von Explosivstoffen. Von **Clarence Hall**, Pittsburg. (Nachtrag zu 13) — Diskussion C, p. 37 . . . . . **XXVII**$_3$

XXVIII. Innere Kräfte.

Benennung einiger technischer Begriffe. Von Prof. **A. Mesnager**, Paris. (10) — Diskussion C, p. 79 . . . . . **XXVIII**$_1$

Das Verhältnis der Biegekraft zur jeweiligen Spannung oder Härte. Von Prof. **A. Rejtö**, Budapest. (10) — Diskussion C, p. 94 . . . . . **XXVIII**$_2$

Der Unterschied zwischen der zähen und bildsamen Formänderung. Von Dr. **W. Misángyi**, Budapest. (10) — Diskussion C, p. 89 . . . . . **XXVIII**$_3$

Die Spannungsverteilung im kleinsten Querschnitt eines Zugprobekörpers aus Zement. Von Prof. **E. G. Coker**, London. (10) — Diskussion B, p. 12 . . . . . **XXVIII**$_4$

Über die Anwendung der künstlichen Doppelbrechung des Glases zur Erforschung der inneren Spannungen in festen Körpern. Von Prof. **A. Mesnager**, Paris. (11) — Diskussion A, p. 182 . . . . . **XXVIII**$_5$

Die physikalische Bedeutung der Elastizitätsgrenze. Von Prof. **H. F. Moore**, Urbana, Illinois. (10) — Diskussion C, p. 97 **XXVIII**$_6$

Zur Frage der Reibung zwischen den parallelen Endflächen eines gedrückten Körpers und den Druckplatten. Von Prof. **H. I. Hannover**, Kopenhagen. (11) — Diskussion C, p. 89 . . . . . **XXVIII**$_7$

Digitized by Google

Über den Zusammenhang zwischen der Streckgrenze und der Knicklast bei Stäben desselben Materiales. Von Prof. **O. Greger,** Wien. (11) — Diskussion C, p. 95 . . . . . XXVIII$_8$

XXIX. Allgemeines über Prüfungswesen.

Grundsätze für die Organisation des öffentlichen Materialprüfungswesens. Von Prof. Dr. **A. Martens,** Berlin. (8) — Diskussion C, p. 79 . . . . . XXIX$_1$

Die amerikanischen Fortschritte in der Prüfung von Stückproben und in der Prüfung von Lokomotiven. Von **G. Lanza,** Philadelphia. (Nachtrag zu 13 und 16) — Diskussion A, p. 46 XXIX$_2$

Das österreichische technische Versuchsamt. Von **E. Reitler,** Wien. (13) — Diskussion C, p. 79 . . . . . XXIX$_3$

Über eine neue Methode zum Vergleichen der Angaben von Prüfungsmaschinen. Von Prof. **F. Schüle** und **Ed. Brunner,** Zürich. (8) — Diskussion C, p. 88 . . . . . XXIX$_4$

Über den Zuverlässigkeitsgrad von Prüfstellen, Prüfmaschinen und Festigkeitsversuchen im Materialprüfungswesen. Von Prof **A. Martens,** Berlin-Lichterfelde. (9) — Diskussion C, p. 105 . . . . . XXIX$_5$

XXX. Verschiedene Anträge.

Antrag auf Überprüfung der vom IV. Kongreß empfohlenen Prüfungsverfahren. Von Prof. **B. Kirsch,** Wien. (11) — Diskussion C, p. 80 . . . . . XXX$_1$

Antrag bezüglich der Funkenprobe. Von **M. Bermann,** Budapest. (13) — Diskussion A, p. 181 . . . . . XXX$_2$

Antrag auf Prüfung von Steinzeugröhren. Von **O. Hoffmann,** Friedrichsfeld. (13) — Diskussion C, p. 108 . . . . . XXX$_3$

Antrag auf Auflösung der Ölkommission. Von Dr. **M. Albrecht,** Hamburg. (13) — Diskussion C, p. 55 . . . . . XXX$_4$

Antrag auf Beseitigung des Kopenhagener Kongreßbeschlusses bezüglich der Le Chatelier-Probe. (Nachtrag zu 13) — Diskussion B, p. 72 . . . . . XXX$_5$

Wetterbeständigkeit der Bausteine. Von Prof. Dr. **A. Martens,** Berlin-Lichterfelde. (16) — Diskussion B, p. 69 . . . . . XXX$_6$

Antrag zum Kongreßberichte XIV$_3$ über die Kochprobe und die Raumbeständigkeit des Portlandzement bei trockener Lagerung von Prof. Schüle. Von Dr. **H. Müller,** Kalkberge (Mark). (16) — Diskussion B, p. 43 . . . . . XXX$_7$

Digitized by Google

Verhandlungen der Sektion C:

(Die Angabe der Seite, wo die Diskussion über die einzelnen Berichte zu finden ist, ist im vorangehenden Inhaltsverzeichnisse auch jedem Berichte beigefügt.)

	Seite
Anstriche für Rostschutz und Lacke	1—12, 29—33
Bitumen	12—16
Holzprüfung	17—29, 33—37
Explosivstoffe	37, 55—56
Feuerbeständigkeit von Eisenbeton (Erdbebenwiderstand)	37-44
Ölprüfung	44—55, 56—60
Straßenbaumaterial	55
Organisation der Materialprüfung	78—79
Kautschukprüfung	62—78
Vereinheitlichung technischer Ausdrücke	79—80
Allgemeine Prüfungsverfahren	80—89, 103—105
Innere Spannungen, Härte, Zähigkeit, Fließgrenze, Elastizitätsgrenze	89—103
Prüfung von Tonröhren	103—109

Namenregister für die beiden Abschnitte I und II.

Digitized by Google

Druckfehler und Berichtigungen.

(Abschnitt II.)

Bericht XIX_5: Die physikalische Prüfung von Schotter für Eisenbahnbettungen von A. T. Goldbeck und F. M. Jackson.

Seite 7. Statt „Fig. 1" ist zu setzen „Fig. 2" und statt „Fig. 2" „Fig. 6".

Seite 12. Statt „Fig. 6" ist zu setzen „Fig. 1".

Bericht $XXII_3$: Einige Apparate für Zugversuche mit Kautschuk von P. L. Wormeley.

Seite 1, vorletzte Zeile. Lies statt „konzentrischen" „exzentrischen".

Seite 7, Absatz 2, letzte Zeile. Statt „$l = 10$ mm" ist zu setzen „$l = 70$ mm", ferner Absatz 4, Zeile 7, statt „Fig. 6" „Fig. 7".

Seite 8, Fig. 6. Die Gleichung (a) hat zu lauten:

$$E_2 = E_1 \frac{l_1}{l_2} \cdot \frac{L_1 + \pi t \sqrt{\frac{l_1}{L_1}} - l_2}{L_1 - l_1}$$

Die Gleichung (b) hat zu lauten:

$$E_2 = E_1 \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \frac{L_1 - l_2}{L_1 - l_1}.$$

Bericht $XXIV_3$: Die Volumauffassung bei der Prüfung von Anstreichmaterialien von Gust. W. Thompson.

Seite 4. Der Absatz 2 ist zu streichen und an seine Stelle treten folgende zwei Absätze:

Bei Mischung zweier zur Herstellung einer Farbe dienender flüssiger Stoffe in zwei bekannten Volumsausmaßen tritt die Frage an uns heran, ob das Volumen der entstehenden Mischung gleich der Summe der Teil-Volumina ist. Wir wissen, daß bei Mischung bekannter

Digitized by Google

Volumina von Alkohol und Wasser oder Schwefelsäure und Wasser das Mischungsvolumen der Summe der Teil-Volumina ist; bei Farben jedoch scheint — von einigen etwa möglichen Ausnahmen abgesehen — eine Volumsänderung nicht stattzufinden. So gibt z. B. die Mischung von je einer Gallone Leinöl und Terpentin oder Benzin zwei Gallonen, ebenso entstehen aus der Beimischung einer Gallone Terpentin zu einer Gallone Benzin zwei Volumina. Es findet keine Verminderung oder Vermehrung des Volumens, das sich aus der Mischung zweier Stoffe ergibt, statt.

Die praktische Anwendung ist klar. Sobald man die Volumina der Einzelbestandteile einer Farbe kennt, kann man leicht das Volumen der letzteren bestimmen. Wir stellen daher in der Farbenanalyse die Volumina der Bestandteile fest und können die Analyse in Werten der Volumszusammensetzung ausdrücken, was uns eine sehr wertvolle Richtschnur beim Studium der Farbenprobleme bietet.

Bericht $XXIV_4$: Vergleiche zwischen der Brauchbarkeit von Röhren aus Gußeisen und weichem Flußeisen als Wasserleitungen in den Vereinigten Staaten von F. N. Speller.

Seite 1, Fußnote [2]), Zeile 5. Statt „1909, 80" ist zu setzen „1910, 179".

Seite 3, Kolonne Bemerkungen, in der 6. Zeile von unten hat es zu lauten statt „June 1912" „July 1912".

Bericht $XXIX_2$: Fortschritte in den Vereinigten Staaten bei Erprobung von Stücken in natürlicher Größe unter Beanspruchungsverhältnissen der Praxis und bei Erprobung von Lokomotiven von Gaetano Lanza.

Seite 3, Absatz 2, Zeile 2. Lies statt „ausführenden Werkes" „ausführenden Gesellschaft".

Seite 4, Zeile 8 von unten. Das Wort „und" ist zu streichen.

Seite 7, Zeile 19 von oben. Statt „Meconway" ist zu setzen „Mc. Conway".

Seite 8, Zeile 5 von unten. Nach „Baldwin Locomotive Works" ist einzuschalten „(die eine 600.000 lbs. [272 t]-Olsenmaschine besitzen)".

Seite 16, Tafel I. Unter Maschine Nr. 7514 hat es bei Kolonne 2 zu lauten statt „6" „7"; unter Nr. 9996 haben in vorletzter Kolonne zu lauten:

Digitized by Google

46·92 statt 26·63
48·24 „ 28·80
47·02 „ 28·12
43·64 „ 27·92
39·88 „ 26·08
39·94 „ 26·84
39·00 „ 26·77

Unter Nr. 9999 lies in 6. Kolonne, letzte Zeile „54·46" statt „54·45".

Seite 17, Tafel II. Unter Nr. 300, Kolonne 5, 2. Zeile. Lies „850·0" statt „858·0".

Im Protokoll der Sektion B soll es mehreremale heißen Dr. H. Müller statt Dr. F. Müller.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XII 1

BERICHT
DER EISENBETON-KOMMISSION

vorgelegt vom

Obmann der Kommission 41 Prof. **F. Schüle** in Zürich.

Seit dem Kongreß in Kopenhagen hat die Eisenbeton-Kommission einige Änderungen in ihrem Bestande erfahren und setzt sich gegenwärtig aus folgenden Mitgliedern zusammen:

Obmann: F. Schüle, Professor an der eidg. Techn. Hochschule und Direktor der eidg. Materialprüfungsanstalt in Zürich.

Vize-Obmänner: W. Germelmann, Geh. Oberbaurat im Ministerium der öffentlichen Arbeiten, Berlin; A. N. Talbot, Professor University of Illinois, Urbana, Illinois.

Mitglieder: W. H. Warren, Professor of Engineering University of Sydney; Paul Christophe, Ing. principal des ponts et chaussées à Bruxelles; T. Grut, Hauptmann des kgl. dän. Geniekorps, Kopenhagen; E. Suenson, Professor der Baumaterialienkunde der kgl. techn. Hochschule in Kopenhagen; Bürstenbinder, Baurat der Baupolizei, Hamburg; Dr. A. Dyckerhoff, Amöneburg bei Biebrich a. Rh.; Alf. Hüser, Ingenieur in Oberkassel; A. Martens, Dr. Ing., Professor, Geh. Ober-Regierungsrat, Direktor des kgl. Materialprüfungsamtes, Groß-Lichterfelde W.; E. Züblin, Ingenieur in Straßburg i. E.; Max Clarke, F. R. I. B. A. London; W. Dunn, Vertreter des Concrete Institute, London; Edwin O. Sachs, F. R. S. E. Chairman of The British Fire Prevention Committee, London; W. C. Unwin, Dr. Professor, Vertreter der Institution of Civil Ingineers, London; A. Considère, Insp.

Digitized by Google

gén. des ponts et chaussées en retraite, Paris; R. Féret, chef du lab. des ponts et chaussées, Boulogne s. M.; A. Mesnager, Professeur, Ingénieur en chef des ponts et chaussées, directeur des lab. à l'Ecole des ponts et chaussées, Paris; Ch. Rabut, Ing. en chef des ponts et chaussées, Versailles; M. Tricon, directeur de la Société des travaux en béton armé, Paris; W. Hanegraaff, Hauptmann des Genie in Bussum (Nord-Holland); Silvio Canevazzi, Prof. à l'Ecole d'ingénieurs de Bologne; Camillo Guidi, Prof. à l'Ecole d'ingénieurs de Turin; Claudio Segré, ing. en chef de l'Institut experimental des chemins de fer de l'Etat à Rome; Kgl. norwegisches Wegebaudirektorat in Christiania; V. Brausewetter, Ingenieur, Betonbauunternehmer, Wien; F. von Emperger, Dr., k. k. Oberbaurat, Wien; B. Kirsch, Prof. der k. k. technischen Hochschule, Wien; J. Melan, Dipl. Ing. Prof. der k. k. deutschen technischen Hochschule in Prag; Exz. Belelubsky, Dr. Ing., Professeur, Directeur du Labor. méc. de l'Institut imp. des voies de comm., St. Pétersbourg; S. Droujinine, Prof. à l'Institut polytechnique de St. Pétersbourg; N. Abramoff, Professeur, Directeur du Lab. méc. de l'Institut polyt. de Don à Nowotscherkask, St. Pétersbourg; N. Bogouslawsky, ingénieur d'administration des chemins de fer de l'Etat russe, St. Pétersbourg; Hirszson, St. Pétersbourg; N. Jitkewitsch, ingénieur colonel, St. Pétersbourg; R. Maillart, Ingenieur in Firma Maillart & Co. in Zürich; J. Schustler, Ingenieur, Betonbauunternehmer, Budapest; Richard Zielinski, Dr., Prof. am Polytechnikum, Budapest; A. Czako, Professor, Budapest; E. Turneaure, Professor, Dean of the College of Mechanics and Engineering, University of Wisconsin, Madison, Wis; L. Richard Humphrey, Consulting Engineer and Chimist, Philadelphia, Pa.

Im September 1909 fand in Kopenhagen bei Anlaß des Kongresses eine Gesamtsitzung der Kommission statt; 23 Mitglieder aus 11 Ländern nahmen daran teil. Der wichtigste Beschluß war die Genehmigung der Liste für einheitliche Bezeichnungen, welche von dem Unterausschuß unter dem Vorsitze von Prof. Melan vorbereitet worden war für Veröffentlichungen in anderen Sprachen als wie die englische. Diesem Berichte ist diese Liste

Digitized by Google

beigegeben und der Ausschuß hofft, daß dieselbe in nützlicher Weise dazu beitragen wird, die gebräuchlichen Bezeichnungen zu vereinheitlichen und somit die Redaktion und das Studium der Eisenbeton-Literatur zu erleichtern.

Für die Länder der englischen Sprache bot eine Liste von Bezeichnungen, vorbereitet durch den „Concrete Institute" in London und vorgelegt durch Herrn E. O. Sachs, ziemlich große Abweichungen von der Liste des Unterausschusses; die englischen und amerikanischen Mitglieder sind eingeladen worden, den englischen Vorschlag zu revidieren im Sinne einer möglichst guten Annäherung an die genehmigte Liste.

Die anderen Beratungen bestanden hauptsächlich in einer Aussprache über den Gang der Arbeiten unserer Kommission, mit dem Ergebnis, daß es vorderhand am notwendigsten erscheint, die Berichte über die im Gange befindlichen Untersuchungen in den einzelnen Ländern zu vervollständigen durch Vorlage getrennter Berichte für jedes Land, sodann die Ergebnisse der unternommenen Versuche systematisch zusammenzustellen.

Endlich wurde von der Kommission der Verfasser dieses Berichtes als Obmann bestätigt an Stelle des Herrn Generalinspektors Considère, erster Obmann des Ausschusses, welcher nach seiner Demission bis zum Kongreß in Kopenhagen nur interimistisch ersetzt worden war.

In einem am 2. Februar 1911 den Mitgliedern der Kommission zugesandten Kreisschreiben habe ich in Erinnerung gebracht, daß die Angaben über unternommene Untersuchungen für mehrere Länder in den Akten des V. Kongresses nicht enthalten sind, und daß es wünschenswert wäre, die Mitteilungen für die Zeit vor 1909 zu vervollständigen und dazu ein Resumé der seit 1909 vorgenommenen Arbeiten beizufügen.

Die Forschungsarbeiten werden ihren vollen Wert nur dann erhalten, wenn die erzielten Ergebnisse zusammengestellt werden. Es könnte dies für auf Biegung beanspruchte Balken schon jetzt geschehen. Viele Versuche haben zu ähnlichen Schlußfolgerungen geführt und bildeten die Grundlage für die Eisenbeton-Vorschriften. So ist bei auf Biegung beanspruchten Balken der normale Fall des Versuches bis zum Bruch derjenige, in welchem der Bruch durch die Überschreitung der Streckgrenze des Eisens verursacht wurde.

Digitized by Google

Die abnormalen Fälle, deren Kenntnis am wichtigsten ist, sind diejenigen, in welchen der auf Druck beanspruchte Beton zerdrückt wurde, bevor die Streckgrenze des auf Zug beanspruchten Eisens erreicht war, oder diejenigen, in welchen der Bruch durch eine Abscherung unter der Einwirkung der Scherkräfte eintrat.

Es wäre möglich, einige wertvolle Angaben über diese abnormalen Fälle zu liefern:

a) indem der Prozentgehalt an Metall, von welchem an der Bruch durch Zerdrückung des Betons im Druckgurt eingetreten ist, mitgeteilt würde,

b) oder für die durch Abscherung gebrochenen Balken durch Angabe der maximalen Scherspannung des Betons ohne Rücksicht auf das Eisen, des Prozentgehaltes an Eisen an den Balkenenden in Form von geraden Stangen, von abgebogenen Stangen und von Bügeln.

Zur Vereinfachung sollten Spannung und Prozentgehalte auf den Nutzquerschnitt des Betons des Balkens rechteckigen Querschnittes oder der Rippe eines Balkens T-förmigen Querschnittes bezogen werden.

Solche Werte, unabhängig von den Abmessungen der Balken, hätten den großen Vorteil, dem Ingenieur eine große Sicherheit in der Beurteilung zu geben, auch bevor er zu eingehenden Berechnungen greifen würde. Sie würden gestatten, festzustellen, ob in der Qualität des Betons oder des Eisens von einem Land zum anderen wesentliche Unterschiede vorhanden sind.

Wenn für Säulen und Pfeiler die Versuche, betreffend Einwirkung von zentrischen Belastungen, ziemlich weit gefördert wurden, so scheinen die Versuche über Wirkung von exzentrischen Lastangriffen jedoch zu wenig vorgeschritten, um vorschlagen zu können, jetzt schon in übersichtlicher Weise die erzielten wesentlichen Ergebnisse zusammenzustellen.

Die Mitglieder der Kommission wurden außerdem eingeladen, für jedes Land Angaben zu machen:

1. über die Prüfungsmethode der den Eisenbeton bildenden Materialien und über die Ausdehnung dieser Kontrolle,

2. über die Fortschritte in der experimentellen Untersuchung von fertigen Bauwerken, notwendige Vervollständigung der Untersuchung von einzelnen Bauteilen hauptsächlich in der Absicht, die Grundlage für die Feststellung der zulässigen

Digitized by Google

Spannungen zu sichern, den Einfluß des Alters auf Eisenbeton festzustellen, um die Umstände, welche einem tadellosen Verhalten von Metall und Beton ungünstig sind, näher zu bezeichnen.

Diese Punkte sind von Herrn Oberingenieur Rabut in seinem Berichte von 1909 hervorgehoben worden.

Was die Unfälle bei Bauten in armiertem Beton anbetrifft, wertvolle Quelle von Auskunft, von der man gerne Umgang nehmen möchte, so war es nicht möglich, am Kopenhagener Kongreß den sehr interessanten Bericht des Herrn Dr. von Emperger in Beratung zu ziehen. Dieser Verfasser hat die Freundlichkeit gehabt, seinen Bericht zu vervollständigen durch Hervorhebung der wichtigsten Tatsachen, welche in der Statistik der Unfälle seit 1909 vorgekommen sind.

Es geht aus vorstehendem hervor, daß die Aufgabe unserer Kommission in der verlaufenen Periode vorbereitenden Charakter hatte; es hat sich darum gehandelt, für jedes Land Erfahrungsmaterial zu sammeln, eine Arbeit von längerer Dauer, welche die gewünschten Ergebnisse nur liefern kann durch tätige Mitwirkung der Mitglieder der Kommission.

Gegenwärtiger Stand der Aufgabe der Kommission.

Aus verschiedenen Ländern sind Berichte entsprechend dem im Kreisschreiben vom 2. Februar 1911 skizzierten Programme vorgelegt worden. Dieselben bilden eine Grundlage für die Diskussion beim nächsten Kongreß. Es erscheint jedoch nützlich, in Kürze und nicht offiziös die Hauptmerkmale der verlaufenen Periode hervorzuheben.

1. Experimentelles Studium des armierten Betons.

Was unseren Verband besonders interessiert: das Studium der Eigenschaften des armierten Betons unter der Einwirkung der äußeren Kräfte, das Studium der physikalischen Eigenschaften unter der Einwirkung von Temperatur, Schwindung an der Luft, Dilatation unter Wasser, das Studium des Einflusses äußerer Agentien, wie Süßwasser, Seewasser, Dampf, Rauch, schweflige Säure, Ammoniak, Öle, Teer, elektrische Ströme, hat einen bedeutenden Fortschritt gemacht, vor allem durch die Ausführung des großen Versuchsprogrammes, aufgestellt von dem Deutschen Eisenbetonausschuß mit der Unterstützung des Staates und der

Digitized by Google

großen deutschen Verbände. Veröffentlichungen von hohem Interesse sind erschienen oder in Vorbereitung, in welchen über die in den staatlichen Materialprüfungsanstalten Deutschlands entsprechend diesem Programm durchgeführten Untersuchungen Bericht erstattet wird. Dieses Meisterwerk von weitem Umfang ist die wichtigste Tatsache der vergangenen Periode; es gibt Zeugnis von der in Deutschland der neuen Bauweise anerkannten Bedeutung nicht allein seitens der Erbauer, sondern auch seitens der Regierung und von der Absicht, sämtliche Anwendungen des armierten Betons auf durchaus sichere Basis zu gründen. Diese Veröffentlichungen werden eine der wichtigsten Quellen des Studiums und der Auskunft für die künftigen Arbeiten unserer Kommission bilden.

Eine Zusammenstellung der erzielten Ergebnisse ist begonnen, aber noch nicht genügend weit gediehen, um als Grundlage der Diskussion zu dienen, solange die im Gange befindlichen wichtigeren Untersuchungen nicht nahezu abgeschlossen sein werden.

Ein Umstand, welcher die Feststellung der prozentualen Armierungsgrenze, von welcher aus der auf Druck beanspruchte Beton durch seine Zerdrückung den Bruch eines auf Biegung beanspruchten Balkens verursacht, begünstigt, ist die experimentelle Erforschung der armierten Kontrollbalken, welche Herr Dr. von Emperger vorgeschlagen hat.

Was die Bedingungen, welche die Widerstandsfähigkeit von Balken gegen die Wirkung der Scherkräfte begünstigen, anbetrifft, so wurden dieselben in einer besonders vollständigen Weise für armierte Balken aus Beton mit zirka 240 kg/cm² mittlerer Druckfestigkeit im Heft Nr. 12 des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton behandelt, in welchem Baudirektor Prof. C. Bach und Ing. Graf über die Versuche mit armierten Balken der Prüfungsanstalt Stuttgart nach dem detaillierten Programm von Prof. Mörsch und Direktor Stangenberg Bericht erstatten.

Trotzdem die in den verschiedenen Ländern im Gange befindlichen oder ausgeführten Versuche ziemlich vollständig sind, bleiben noch manche Punkte durch den Versuch zu erforschen, denn es ist das ein charakteristisches Zeichen des armierten Betons; der auf diesem Gebiete wirksame Ingenieur hält es für notwendig, die Schlußfolgerungen, welche aus mathematischen Ableitungen herrühren, durch den Versuch zu prüfen und auch

Digitized by Google

die Hypothesen, auf welche seine Berechnungen gestützt sind, jeweilen auf ihre Richtigkeit zu untersuchen.

2. Die Kontrolle.

Die Kontrolle der beim Eisenbeton verwendeten Materialien umfaßt zunächst die Prüfung der einzelnen Materialien: Eisen, Zement, Sand und Kies; die Prüfungsmethoden für Eisen und Zement sind in jedem Lande festgestellt und bilden auch den Gegenstand besonderer Arbeiten unseres Verbandes. Es ist daher nicht nötig, in diesem Berichte näher darauf einzutreten. Es wird jedoch nützlich sein, in Erinnerung zu bringen, daß die beschleunigte Volumenbeständigkeitsprobe insbesondere die Kochprobe bei 100^0 eine besonders große Bedeutung hat für Zemente, welche zu Bauten in trockener Luft, geschützt vor Regen, bestimmt sind, das ist bei Eisenbetonbauten der häufigere Fall.

Das Anmachen des Betons für Eisenbetonbauten findet beinahe ausschließlich in plastischer Konsistenz statt und eine Prüfungsmethode der Bindemittel als plastisch angemachte Mörtel vorbereitet, wird gestatten, die Bindemittel in rationeller Weise nach ihrer in der Praxis entwickelten Festigkeit zu klassifizieren.

Unser Verband hat sich bisher mit der Prüfungsmethode von Sand und Kies für die Betonfabrikation nicht beschäftigt; die Nützlichkeit solcher Versuche wird immer mehr anerkannt; die Bestimmungen, welche die Qualität dieser Materialien zu beurteilen gestatten, sind folgende:

Herkunft und petrographische Beschaffenheit, spezifisches Gewicht, Korngröße durch Sieben mit Blechsieben mit runden Löchern, Volumen der Hohlräume in trockenem Zustande.

Die übliche Trennung zwischen Sand und Kies (oder Steinschlag) dürfte näher präzisiert werden durch Feststellung des Durchmessers von 5 oder 8 mm der Löcher des Grenzsiebes. Körner, welche dieses Sieb passieren, bilden den Sand, diejenigen, die den Rückstand bilden, sind Kies oder Steinschlag. Die seit einigen Jahren in verschiedenen Ländern vorgenommenen Untersuchungen würden unserer Kommission eine Grundlage schaffen für die Feststellung der charakteristischen Eigenschaften eines Sandes oder Kieses guter Qualität, insbesondere des Verhältnisses von Staub (feinstem Sand), das zulässig ist; es wäre auch gut, ein sicheres Verfahren festzustellen für die Entnahme der der Probe zu unterwerfenden Muster.

Digitized by Google

Die Prüfung der kombinierten Materialien besitzt bezüglich der Kontrolle nur Interesse für die Feststellung der Druckfestigkeit des Betons und sogar die Versuche mit armierten Kontrollbalken, welche vor kurzem vorgeschlagen wurden, haben keinen anderen Zweck, als Brucherscheinungen durch Zerdrückung des Betons im Druckgurt zu veranlassen, d. h. durch indirekte Probe die Druckfestigkeit des Betons zu kontrollieren.

Die am häufigsten verwendeten Probekörper sind Betonwürfel, welche unter möglichst ähnlichen Bedingungen aufbewahrt werden, wie der Beton des Bauwerkes. Die Abmessungen dieser Würfel schwanken von einem Lande zum anderen zwischen 12 und 30 cm Kantenlänge; die kleineren Würfel werden sich besonders eignen für die Kontrolle von Decken mit relativ schwachen Dicken; größere Würfel hingegen für die Kontrolle des Betons, welcher in großen Massen verwendet wird, mit Kies oder Steinschlag von 4 cm Durchmesser und darüber. Der Einfluß der Luft und der herrschenden Temperatur läßt sich an Probekörpern, deren Abmessungen mit den vorkommenden Dicken im Bauwerk in gutem Verhältnisse stehen, besser beurteilen.

Die Kontrolle des Betons mittels nichtarmierten Prismen ergibt außer der Biegungsfestigkeit zwei Druckfestigkeiten für jeden Probekörper; die Abmessungen, welche den Anforderungen der Praxis gut entsprechen, sind $12 \times 12 \times 36$ cm, insoferne die Kieskörner oder Steinschlagkörner nicht über $2^1/_2$ bis $3^1/_2$ cm Durchmesser haben.

Welchem Typus die verwendeten Probekörper auch gehören, so ist es von Wert, nicht auf eine Einzelprobe abzustellen, sondern die Versuche an Serien von drei bis vier Körpern vorzunehmen, damit die Regelmäßigkeit der Herstellung der Probekörper geprüft werden kann.

Es ist zuletzt am Platze, eine wichtige Kontrollbestimmung des Betons zu erwähnen: die Feststellung des Raumgewichtes; das spezifische Gewicht der Füllstoffe (Basalt ausgenommen) variiert wenig und beträgt 2·65 bis 2·70, dasjenige des Portlandzementes guter Qualität ist nahezu konstant (3·10 bis 3·15). Die Mischungsverhältnisse für armierten Beton sind für dieselben Sorten von Bauten durch die Vorschriften in jedem Lande festgestellt. Die Kontrolle des Raumgewichtes kann in Stücken irgendwelcher Form, jedoch im Gewichte von 1 bis 2 kg mindestens,

Digitized by Google

abgetrennt von dem Bauwerk, durchgeführt werden. Sämtliche Faktoren, welche die Festigkeit des Betons vermindern, die Qualität des Zementes ausgenommen, vermindern auch sein Raumgewicht: ungünstiges Verhältnis zwischen Sand und Kies, ungenügende Zementmenge, mangelhaftes Einstampfen. Diese Kontrolle an Probestücken, welche den Bauwerken entnommen sind, werden eine nützliche Vervollständigung der Angaben liefern, welche die Prüfung besonderer Probekörper auf Widerstandsfähigkeit ergeben. Die Ergebnisse der Druckfestigkeitsproben und der Bestimmung des Raumgewichtes können mit Nutzen zusammengestellt werden. In der Prüfungsanstalt in Zürich wird die Ermittlung des Raumgewichtes mit Stücken von einigen Kilogramm Gewicht mittels einer eigenen hydrostatischen Wage durchgeführt; um bei Ermittlung des Volumens des Probestückes das Eindringen des Wassers in die Hohlräume zu verhüten, wird ein gutes Resultat erzielt durch Umwicklung des Probestückes mit einer dünnen Schicht Plasticine.

Die Kontrolle der einzelnen und kombinierten Materialien bildet einen wesentlichen Faktor für die Sicherheit der Bauten und wenn die Verschiedenheit der verwendeten Probekörper die Aufgabe zu verwickeln und eine Verständigung zu verhindern scheint, so ist es vor allem wichtig, daß eine Kontrolle stattfinde, und zwar so regelmäßig wie möglich. Die Erfahrung wird nach einigen Jahren lehren, welche Anordnungen als die sichersten und praktischesten anzuwenden sind. Durch Hervorhebung der Notwendigkeit dieser Kontrolle und durch Zusammenstellung der auf diesem Gebiete erzielten Erfahrungen wird unser Verband der Sache der Sicherheit der Bauwerke große Dienste leisten.

3. Experimentelle Untersuchung von fertigen Bauwerken.

Es handelt sich hier nicht um Versuche bis zum Bruch, wie die Laboratoriumsversuche, sondern um Belastungsproben mit $1^1/_2$- bis 2facher der Berechnung zugrunde gelegter Nutzlast.

Um von einigem Nutzen zu sein, sollen solche Versuche auf eine genügend große Fläche ausgedehnt werden und die gleichzeitigen Ablesungen der Deformationen, hauptsächlich Durchbiegungen an vielen Punkten des Bauwerkes umfassen. Es ist einer der Hauptvorteile des armierten Betons, ein in allen Teilen

Digitized by Google

solidarisches Ganzes zu bilden. Nur ziemlich vollständige Belastungsproben lassen diese Solidarität klar hervortreten. Die Bauherren und Behörden, von welchen die Ausführung solcher Versuche abhängt, und die gewöhnlich die Kosten davon zu tragen haben, verstehen nicht immer die wissenschaftliche Bedeutung solcher Untersuchungen für die Aufklärung unserer Kenntnisse in Eisenbeton.

Der Zweck unseres Verbandes ist, solche Versuche als Vervollständigung der Kontrolle der Berechnungen und der verwendeten Materialien zu begünstigen. Für sich allein genügen solche Belastungsproben jedoch nicht, um eine genaue Beurteilung des Sicherheitsgrades einer Konstruktion zu geben, mit Ausnahme der in glücklicher Weise seltenen Fällen, in welchen das Bauwerk durch die Belastungsprobe deutliche Schädigungen erleidet.

4. Unfälle.

Dr. F. v. Emperger behandelt diese Frage in einem besonderen Bericht; es sei daher hier nur die von ihm vorgeschlagene Beschlußfassung mitgeteilt:

Resolution.

Im Interesse der Unfallverhütung und zur Förderung der hiefür erforderlichen Erkenntnis der Materialeigenschaften erscheint es geboten, daß in jedem Lande die Berichterstattung über Bau-Unfälle in ähnlicher Weise organisiert werde, wie dies bezüglich der Dampfkessel-Unfälle bereits der Fall ist. Der Kongreß spricht den Wunsch aus, daß die Eisenbeton-Kommission auf die Organisierung einer solchen internationalen Berichterstattung hinarbeite und dem nächsten Kongresse die länderweise gesammelten Berichte über Unfälle mit den daraus für die Unfallverhütung abzuleitenden Schlußfolgerungen vorlege.

Die Vereinheitlichung der Bezeichnungen.

In der am 12. Oktober 1908 in Basel stattgehabten Konferenz des Eisenbeton-Ausschusses des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik wurde beschlossen, die Vergleichbarkeit der auf Eisenbetonbauten bezüglichen Angaben und Ver-

Digitized by Google

suchsdaten dadurch zu erleichtern, daß eine einheitliche mathematische Bezeichnung für die wichtigsten, in den Beschreibungen und statischen Berechnungen vorkommenden Größen vereinbart werde.

Der mit dieser Aufgabe betraute, aus den Herren: Edwin O. Sachs (England), Mesnager (Frankreich), S. J. Rutgers (Holland), J. Melan (Österreich) und R. Maillart (Schweiz) bestehende Unterausschuß unter dem Vorsitze von Prof. J. Melan hat sich auf folgende Vorschläge geeinigt, welche in der Kommissionssitzung vom 6. September 1909 im Rathaus in Kopenhagen gutgeheißen wurden.

Einheitliche Bezeichnungen

Es wird empfohlen im allgemeinen:

a) für Längsmaße und Belastungen auf die Längeneinheit kleine lateinische Buchstaben,

b) für Flächen und Kräfte große lateinische Buchstaben,

c) für Koeffizienten und Spannungszahlen (Kräfte pro Flächeneinheit) kleine griechische Buchstaben zu verwenden.

Im besonderen soll bezeichnen:

l = die Stützweite einer Tragkonstruktion, oder Knicklänge einer Säule oder Strebe.

l_m = die Gesamtlänge einer Tragkonstruktion oder Säule.

h = die Nutzhöhe des Querschnittes einer Tragkonstruktion (Balken oder Platte), d. i. der Abstand des Schwerpunktes der Eisenzug-Armierung vom Rande des Druckgurtes.

h_m = die Gesamthöhe.

b = die Breite eines Balkens oder der Rippe eines Plattenbalkens.

b_m = die Breite der Platte eines Plattenbalkens.

h_1 = deren Dicke.

y = der Abstand der neutralen Achse vom Druckrande.

d = den Durchmesser einer runden Säule.

d_s = den Durchmesser der Spiral-Umschnürung.

a, b = Querschnittsabmessungen der Säule bei rechteckigem Querschnitte.

l_o = Lichtweite eines Gewölbebogens.

Digitized by Google

f_o = lichte Höhe eines Gewölbebogens.

l = Stützweite eines Gewölbebogens in der Bogenachse.

f = Pfeilhöhe der Bogenachse.

h_c = Scheitelstärke des Gewölbes.

h_a = Kämpferstärke des Gewölbes.

A = Querschnittsfläche der Eisen-Armierung eines Eisenbeton-Tragwerkes.

B = Volle Beton-Querschnittsfläche.

A_t = Querschnittsfläche (qcm) der Quer-Armierung (Bügel) pro 1 m Länge der Tragkonstruktion.

A_l = Querschnittsfläche der Längs-Armierung einer Eisenbeton-Säule.

A_t = Querschnittsfläche der Quer-Armierung einer Eisenbeton-Säule.

A_r = Querschnittsfläche (ideelle) der Spiral-Armierung, auf eine gleichschwere Längs-Armierung reduziert.

$100\,\frac{A}{B}$ = Eisen-Armierung in Prozenten der Beton-Querschnittsfläche.

$\alpha_l \quad 100\,\frac{A_l}{B}$ = Längs-Armierung in Prozenten der Beton-Querschnittsfläche.

$\alpha_t = 100\,\frac{A_t}{B}$ = Quer-Armierung in Prozenten der Beton-Querschnittsfläche.

$\alpha_r = 100\,\frac{A_r}{B}$ = Spiral-Armierung in Prozenten der Beton-Querschnittsfläche.

J_b = Trägheitsmoment der wirksamen Beton-Querschnittsfläche bezogen auf die neutrale Achse.

J_a = Trägheitsmoment der Eisen-Armierung, bezogen auf die neutrale Achse.

$J = J_b + n J_a$ = Gesamtes Trägheitsmoment.

E_b = Elastizitäts-Koeffizient des Betons.

E_a = Elastizitäts-Koeffizient des Eisens.

$n = \frac{E_a}{E_b}$ = Verhältniszahl der Elastizitäts-Koeffizienten.

g = Eigengewichts-Last der Tragkonstruktion pro Längeneinheit (Meter) oder Flächeneinheit (Quadratmeter).

Digitized by Google

p = Nutzlast pro Längen- oder Flächeneinheit.
G Gesamte Eigenlast.
P = Gesamte Nutzlast, bzw. Einzellasten P_1 P_2 P_3 . . . .
N = Achsialkraft in einem Querschnitt der Tragkonstruktion.
T = Querkraft in einem Querschnitt der Tragkonstruktion.
M = Biegungsmoment in einem Querschnitt der Tragkonstruktion.
P_r N_r T_r M_r die betreffenden Größen im Moment des Bruches.
σ_a = Zug-Inanspruchnahme (Spannung in kg/qcm) des Eisens.
σ_b = Druck-Inanspruchnahme (Spannung in kg/qcm) des Betons.
τ_a = Scherspannung des Eisens.
τ_b = Scherspannung in Beton.
σ'_a σ'_b τ'_a τ'_b = die bezüglichen zulässigen Inanspruchnahmen des Eisens und Betons.

Bemerkung: Für die Länder englischer Zunge wird eine teilweise abgeänderte Liste der einheitlichen Bezeichnungen erscheinen.

Digitized by Google

Digitized by Google

XII 1 a

ÜBERSICHT

über die seit dem V. Kongreß, Kopenhagen 1909, unternommenen wissenschaftlichen Versuche und Versuche zur Kontrolle der Bauausführung auf dem Gebiete des Eisenbetonbaues in Deutschland.

Mitgeteilt vom Deutschen Ausschuß für Eisenbeton, Berlin.

Verzeichnis von Versuchen mit Beton und Eisenbeton,

durchgeführt in den Deutschen Materialprüfungsanstalten im Auftrage des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton.

In der Beilage zum Bericht der Eisenbetonkommission für den V. Kongreß in Kopenhagen 1909 sind unter IX 1 a Mitteilungen über die drei Arbeitspläne enthalten, welche der Planung und Durchführung von Versuchen seitens des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton zu Grunde liegen.

Von diesen Versuchen sind inzwischen die folgenden durchgeführt und veröffentlicht worden:

Heft 1 bis 3: **Versuche mit Eisenbetonbalken, namentlich zur Bestimmung des Gleitwiderstandes.**

Ausgeführt in der Materialprüfungsanstalt an der Königlich Technischen Hochschule Stuttgart. Bericht erstattet von Professor Dr.-Ing. C. Bach unter Mitwirkung von O. Graf.

(Veröffentlicht in Heft 72 bis 74 der Mitteilungen über Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein Deutscher Ingenieure), 1909.

Einfluß des Wasserzusatzes auf den Gleitwiderstand, auf die Druckfestigkeit und die Zugfestigkeit des Betons, auf den Dehnungskoeffizienten α bei Zugbeanspruchung, auf die Rißbildung und auf die Durchbiegung der Balken; Einfluß verschiedener Sande und Zuschläge, des Mischungsverhältnisses, des Zementes, des Alters,

Digitized by Google

der Lagerung, der Oberflächenbeschaffenheit des Rundeisens, der Querschnittsform des einbetonierten prismatischen Eisens, der Abweichungen von der prismatischen Form des Eisens (Sondereisen für Eisenbeton), des Abstandes des Kraftangriffes vom Auflager.

Ein Anhang enthält die Ergebnisse von Versuchen über die Längenänderung des Betons bei Wasserlagerung und bei Luftlagerung, ferner von Versuchen über die Zugfestigkeit von Körpern mit verschiedener Querschnittsgröße bei feuchter und bei trockener Lagerung (vergl. auch Armierter Beton, 1909, Seite 352 u. f.).

Heft 4: **Fortsetzung von Heft 1 bis 3.**

(Veröffentlicht in Heft 95 der Mitteilungen über Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein Deutscher Ingenieure) 1910.

Einfluß des Alters bei feuchter und bei trockener Lagerung, Einfluß des Mischungsverhältnisses bei Luftlagerung für zwei verschiedene Zemente, Einfluß des Abstandes der Eiseneinlage von der unteren Balkenfläche.

Die weiteren Veröffentlichungen sind im Verlage von Wilhelm Ernst & Sohn-Berlin, Wilhelmstraße 90, erschienen.

Heft 5: **Versuche mit Eisenbeton-Säulen, Reihe I und II.**

Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde-West.

Bericht erstattet von Professor M. Rudeloff, 1910.

Größere Versuchsreihen zum Aufschluß über die zweckmäßigste Form der Querbewehrung und über den Einfluß der Bewehrungsart auf die Festigkeit der Säulen.

Heft 6: **Versuche über den elektrischen Widerstand von unbewehrtem Beton.**

Ausgeführt in der Großherzoglichen Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

Bericht erstattet von Professor O. Berndt und Professor Dr. Wirtz unter Mitwirkung von Dr.-Ing. W. Müller, 1911.

Der elektrische Widerstand von nichtbewehrtem Beton bei Lagerung in Luft, in feuchtem Sand, in Süßwasser, in Salzwasser, bei Erwärmung, bei Lagerung mit Goudronanstrich.

Der elektrische Widerstand von Mörtel und Zement bei Lagerung in Luft, in Süßwasser, in Salzwasser, bei Erwärmung.

Der elektrische Widerstand der einzelnen Rohstoffe.

Digitized by Google

Heft 7: **Versuche mit Eisenbetonbalken zur Bestimmung des Gleitwiderstandes.**

Ausgeführt in der Königlich Sächsischen Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt zu Dresden.

Bericht erstattet von Professor H. Scheit unter Mitwirkung von O. Wawrziniok 1911.

Stoßfrei wirkende Belastung: Belastung durch zwei Einzellasten, gleichmäßig verteilte Belastung.

Stoßweise wirkende Belastung: Schlagwirkung an zwei Angriffsstellen, Schlagwirkung gleichmäßig übertragen.

Heft 8: **Versuche über das Verhalten von Kupfer, Zink und Blei gegenüber Zement, Beton und den damit in Berührung stehenden Flüssigkeiten.**

Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß Lichterfelde-West.

Bericht erstattet von Professor E. Heyn, 1911.

Heft 9: **Versuche mit Eisenbetonbalken zur Bestimmung des Einflusses der Hakenform der Eiseneinlagen.**

Ausgeführt in der Materialprüfungsanstalt an der Königlichen Technischen Hochschule Stuttgart.

Bericht erstattet von Professor Dr.-Ing. C. Bach und O. Graf, 1911.

Balken mit Einlagen aus gezogenem, abgeschlichtetem und geschmirgeltem Rundeisen; Balken, deren Einlagen die Walzhaut besitzen; Balken mit und ohne Bügel.

Heft 10: **Versuche mit Eisenbetonbalken zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Bewehrung gegen Schubkräfte. Erster Teil.**

Ausgeführt in der Materialprüfungsanstalt an der Königlichen Technischen Hochschule Stuttgart.

Bericht erstattet von Professor Dr.-Ing. C. Bach und O. Graf, 1911.

Einfluß der Stegbreite bei Balken ohne Bügel und bei Balken mit Bügeln, Einfluß von U-Haken bei Balken ohne Bügel und bei Balken mit Bügeln, Einfluß der Bügel bei verschiedenen Abständen und verschiedenen Stärken, Feststellung der Bewegung der Bügelenden gegenüber dem Beton an der Balkenoberfläche, Einfluß verschiedener Bügelformen, Einfluß von Flacheisenbügeln, Einfluß der Hakenform an den Einlagen der Zugzone.

Einfluß von aufgebogenen Einlagen in verschiedener Anordnung; Balken mit Einlagen, welche unter 18^0 aufgebogen sind, ferner Balken mit Einlagen, welche unter 45^0 bzw. 30^0 aufgebogen

Digitized by Google

sind. Messen der Bewegungen der Enden der geraden und aufgebogenen Einlagen gegenüber den Stirnflächen der Balken. Einfluß von scharfen Aufbiegungen. Messen der Rißbreite.

Heft 11: **Brandproben an Eisenbetonbauten.**

Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß Lichterfelde-West.

Bericht erstattet von Professor M. Gary, 1911.

Versuche mit zwei Häusern aus Eisenbeton, errichtet aus verschiedenen Zuschlagstoffen, geputzt und ungeputzt, auf Verhalten im Feuer und beim Löschen. Durchbiegung von Decken und Wänden in Eisenbetonhäusern beim Brande. Wärmedurchlaß verschiedener Betonmaterialien bei stundenlanger Erhitzung.

Heft 12: **Versuche mit Eisenbetonbalken zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Bewehrung gegen Schubkräfte. Zweiter Teil.**

Ausgeführt in der Materialprüfungsanstalt der Königlichen Technischen Hochschule zu Stuttgart.

Bericht erstattet von Professor Dr.-Ing. C. Bach und O. Graf, 1911.

Bezüglich des Inhalts vergl. Heft 10.

Heft 13: **Versuche über den Einfluß der Kälte und Wärme auf das Erhärten von Beton.**

Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt Groß Lichterfelde-West.

Bericht erstattet von Professor M. Gary, 1911.

Erhärtungsvorgang in Würfeln bei Zimmerwärme (15—20° C.). 4° C., — 5 bis — 10° C., 25 bis 30° C. sowie bei Kälte und späterer Erwärmung.

Heft 14: **Versuche mit Eisenbetonbalken zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit von Stoßverbindungen der Eiseneinlagen.**

Ausgeführt in der Königlich Sächsischen Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt in Dresden.

Bericht erstattet von Professor H. Scheit, 1911.

Stoßverbindungen von verschiedener Länge, mit und ohne Haken. Gleitwiderstand, Durchbiegung der Balken, Riß- und Bruchbelastung.

Heft 15: **Versuche über den Einfluß der Elektrizität auf Eisenbeton.**

Ausgeführt in der Großherzoglichen Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

Bericht erstattet von Professor O. Berndt und Prof. Dr. Wirtz unter Mitwirkung von Dr.-Ing. E. Preuß, 1912.

Digitized by Google

Einfluß der elektrolytischen Wirkung von Gleichstrom auf Eisenbeton und auf das Haftvermögen zwischen Beton und Eisen. Wirkung von Blitzschlägen und blitzschlagähnlichen Entladungen auf Eisenbeton.

Heft 16: **Versuche über die Widerstandsfähigkeit von Eisen und Eisenbeton gegen Verdrehung.**

Bericht erstattet von Professor Dr.-Ing. C. Bach und O. Graf, 1912.

Körper von quadratischem, rechteckigem, kreisförmigem und kreisringförmigem Querschnitt, bewehrt und unbewehrt. Rißbildungsmoment; Bruchmoment; Rißbildung, Fortschreiten der Risse; gesamte, bleibende und federnde Verdrehungen.

Heft 17: **Versuche mit Stampfbeton.**

Ausgeführt im Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß Lichterfelde-West.

Bericht erstattet von Professor M. Rudeloff und Professor M. Gary, 1912.

Druck-, Biege-, Zug-, Dreh- und Scheerversuche an Betonwürfeln und Prismen, hergestellt aus verschiedenen Zusammensetzungen.

Versuche zur Überwachung der Bauausführung.

Zur Überwachung der Ausführung von Eisenbetonbauten sind in Deutschland bisher Versuche mit reinen Betonwürfeln üblich.

Durch die zur Zeit für Eisenbetonbauten in Geltung befindlichen Vorschriften wird bestimmt, daß die Würfel 30 cm Seitenlänge besitzen müssen.

Die im Jahre 1908 vom Deutschen Ausschuß für Eisenbeton aufgestellten „Bestimmungen für Druckversuche bei der Ausführung von Bauten aus Stampfbeton" enthalten als Fußnote die Bemerkung, daß diese Bestimmungen für Probekörper aus Stampfbeton — sinngemäß angewandt — bis auf weiteres auch Geltung beanspruchen können für die Anfertigung und Prüfung von Probekörpern bei der Ausführung von Eisenbetonbauten.

Genauere Vorschriften für die Anfertigung der Versuchskörper bei der Ausführung von Eisenbetonbauten gibt es zur Zeit noch nicht.

Der Deutsche Ausschuß für Eisenbeton unternimmt zur Zeit Versuche, um festzustellen, ob sich Balken als Versuchskörper zur Überwachung der Bauausführung eignen.

Digitized by Google

Verzeichnis von Versuchen mit Beton und Eisenbeton,

durchgeführt in den Deutschen Materialprüfungsanstalten zu Braunschweig, Darmstadt, Dresden, Groß Lichterfelde-West, München und Stuttgart.

Dem V. Kongreß, Kopenhagen 1909, ist im Anschluß an die Beschreibung der vom Deutschen Ausschuß für Eisenbeton geplanten wissenschaftlichen Versuche ein Verzeichnis von Versuchen mit Beton und Eisenbeton, durchgeführt in den Deutschen Materialprüfungsanstalten zu Braunschweig, Dresden, Groß Lichterfelde und Stuttgart überreicht worden.

Die seit 1909 in den Deutschen Materialprüfungsanstalten zu Braunschweig, Darmstadt, Dresden, Groß Lichterfelde-West, München und Stuttgart auf dem Gebiete des Betons und Eisenbetons ausgeführten Arbeiten sind hierunter zusammengestellt.

Nähere Auskunft über die Ergebnisse einzelner Versuche, die im Auftrage der Industrie ausgeführt worden sind, würde nur nach Zustimmung der beteiligten Firmen gegeben werden können.

I. Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule in Braunschweig.

Geh. Hofrat Prof. M. Möller.

Versuche mit Eisenbetonplatten am Meere bei einer Uferschutzstrecke unweit Wesselburen in Holstein. Über die Bauart vergl. M. Möller, Grundriß des Wasserbaues, Band II, Seite 531, Abb. 412 (Verlag S. Hirzel, Leipzig).

II. Großherzogliche Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

Geh. Baurat Prof. O. Berndt.

1. Dr.-Ing. E. Preuß. Zur Frage der Haftfähigkeit zwischen Beton und Eisen. Armierter Beton, 1909, Seite 336.

2. Dr.-Ing. E. Preuß. Versuche über die Haftung zwischen Eisen und Beton. Armierter Beton, 1910, Seite 339.

III. Königlich Sächsische Mechanisch-Technische Versuchsanstalt an der Technischen Hochschule in Dresden.

Geh. Hofrat Prof. Scheit.

1. Versuche zur Feststellung der Widerstandsfähigkeit von Eisenbetonschwellen gegen stoßfrei wirkende Belastung und gegen Schlagbeanspruchung.

Digitized by Google

2. Versuche zur Ermittlung der Formänderung von Masten aus Eisenbeton und des Einflusses der Festigkeit bzw. Elastizität der Eiseneinlagen auf die Durchbiegung solcher Masten bei ordnungsmäßiger Aufstellung im Erdreich.

IV. Königliches Materialprüfungsamt zu Groß Lichterfelde-West.

Dir. Geh. Oberregierungsrat Prof. Dr.-Ing. A. Martens.

A. Belastungsproben:

Prüfung auf Biegefestigkeit bei gleichmäßig verteilter Belastung.

1. Eisenbetondecken mit Hohlraumbildnern besonderer Art (großformatige Ziegelsteine, sogenannte Tonkoffer, Drahtspiralen mit Dachpappe umhüllt, Bimsbetonkörper, Blechrohre, Ziegelkästen) in Spannweite von 550 bis 785 cm;

2. Plattenbalkendecken, zweiseitig und vierseitig aufgelagert in Spannweiten von 805 cm und 676·576 cm;

3. Eisenbetondecken mit durchhängendem Drahtgewebe mit Dachpappauflage als Schalung und kreuzweise gespannten Drähten von 600·500 cm Spannweite;

4. Zementdielendecken und einzelne Zementdielen aus Kiesbeton und Bimsbeton mit Rund- und Flacheiseneinlagen von verschiedenen Spannweiten;

5. Eisenbeton-Oberlichtplatten aus Glaskörpern mit kreuzweisen eisenbewehrten Betonstegen.

B. Prüfung auf Tragfähigkeit.

(Widerstandsfähigkeit gegen Eindrücken) mit einer Einzellast. Beton und Eisenbetonpfähle verschiedener Systeme.

C. Festigkeitsversuche.

I. Druckversuche mit Säulen von 0·90 bis 4 m Länge und rundem, quadratischem oder achteckigem Querschnitt, ohne oder mit verschiedener Bewehrung.

Verwendet werden: Als Längsbewehrung 4 bis 16 Rundeisen von 5 bis 16 mm Durchmesser oder Profileisen, als Querbewehrung verschiedene Bügelformen, Bleche sowie abgebogene Teile der Längsarmierung.

Erörterung über die Wirkungsweise der Bewehrungen und deren Einfluß auf die Lage des Bruches, siehe Vortrag von Rudeloff „Beton und Eisen“ 1911, Heft 5, Seite 97.

Digitized by Google

II. Biegeversuche mit 1. rechteckigen Balken von 1·7 m Länge zur Ermittlung der Festigkeit von Traßkalk-, Traßzement- und Zementbeton bei verschiedenen Mischungsverhältnissen und gleicher Bewehrung, unter Beobachtung des Gleitens der Eiseneinlagen.

2. Plattenbalken von 4·3 m Länge zur Feststellung des Einflusses der Bewehrung auf die Festigkeit und die elastischen Formänderungen der Balken.

III. Zugversuche mit Betonzylindern verschiedener Zusammensetzung mit und ohne Innendruck, um zu untersuchen, welchen Einfluß der Porendruck im Beton auf die Festigkeit des letzteren hat.

IV. Wasserdurchlässigkeitsversuche mit verschiedener Betonmischung.

V. Belastungsversuche mit Treppen. Geprüft werden freitragende, im Amt aufgemauerte Treppen aus Eisenbetonstufen oder Kunststeinstufen mit Eiseneinlagen, an Läufen von 6 Stufen, von denen die vier obersten Stufen mit gleichmäßig verteilter Last beansprucht werden; gemessen werden die Verdrehungen und Durchbiegungen der Stufen. Ferner eine Treppe, deren Stufen aus einzelnen Wangen aus Eisenbeton zusammengesetzt wurden, und eine Spindeltreppe aus Eisenbetonstufen. Eine einseitig eingemauerte Treppe aus Kunststeinstufen mit Eiseneinlagen wurde im Bauwerk geprüft.

VI. Prüfung von Brücken aus Eisenbeton und Beton unter Beobachtung von Durchbiegung des Brückenbogens an verschiedenen Stellen, der Zug- und Druckspannungen im Beton, der Bewegung der Kämpfer und der Gelenke, der Senkung der Brücken durch Belasten und beim Ausschalen.

D. Brandproben.

Versuche mit belasteten und unbelasteten Eisenbeton- und Stampfbetonsäulen gegenüber Granit bei Beanspruchung im Feuer. Verhalten von Stampfbeton mit Kalksteinzuschlag im Feuer (Sonderheft der Mitteilungen aus dem Königlichen Materialprüfungsamt Siegemann und Gary).

V. Mechanisch-technisches Laboratorium der Königlichen Technischen Hochschule in München.

Prof. Dr. Föppl.

Digitized by Google

1. Prof. Dr. Föppl. Verdrehungsversuche mit Wellen aus Eisenbeton. Erörterung über die Ergebnisse von Versuchen über „Haftfestigkeit“ und über die Theorie der Verdrehungs- und Schubfestigkeit u. a. 32. Heft der „Mitteilungen aus dem Mechanisch-technischen Laboratorium der Königlichen Technischen Hochschule München“.

2. Erfahrungszahlen für die Festigkeit von Beton. 29. Heft der „Mitteilungen aus dem Mechanisch-technischen Laboratorium der Königlichen technischen Hochschule München“.

VI. Materialprüfungsanstalt der Königlichen Technischen Hochschule in Stuttgart.

Baudirektor Prof. Dr.-Ing. v. Bach.

1. C. Bach. Mitteilungen über die Druckelastizität und Druckfestigkeit von Betonkörpern mit verschiedenem Wasserzusatz, III. Teil, Stuttgart 1909.

2. Versuche über den Einfluß der Luftlagerung auf die Längenänderungen von Körpern aus Zement und Zementmörtel. Einfluß der Mahlfeinheit des Zementes. Einfluß von Zementen verschiedener Herkunft (die Ergebnisse sind bis jetzt nicht veröffentlicht).

3. Versuche zur Ermittlung des Einflusses von Traß auf den Gleitwiderstand einbetonierten Eisens, auf die Druckfestigkeit des Betons, auf die Rißbildung von Eisenbetonbalken, auf die gesamten bleibenden und federnden Verlängerungen an der unteren Balkenfläche, auf die gesamten bleibenden und federnden Zusammendrückungen an der oberen Balkenfläche und auf die Durchbiegung der Balken, ferner Versuche zur Ermittlung des Einflusses von Traß auf die Druckelastizität des Betons. Versuche mit verschiedenem Wasserzusatz. (Die Ergebnisse der Versuche sind bis jetzt nicht veröffentlicht.)

4. C. Bach und O. Graf. Mitteilungen über einige Nebenuntersuchungen auf dem Gebiete des Betons und Eisenbetons. Armierter Beton 1910, Seite 276 u. f.

Abhängigkeit des Gleitwiderstandes des in Zementmörtel eingebetteten Eisens von der Lagerung (ob trocken oder feucht), bei verschiedenem Sandzusatz; Unterschied der Haftfestigkeit von Zementmörtel an glatten und an rostigen Blechen nach verschiedener Lagerung; Einfluß der Höhe der ersten Stampfschicht bei Würfeln von 30 cm Höhe; Druckfestigkeit von Würfeln, welche unmittelbar

Digitized by Google

nach ihrer Herstellung mit der Form transportiert wurden; Einfluß des Transportes von weichem Beton; Einfluß der Lagerung (trocken, naß) auf die Druckelastizität des Betons.

5. C. Bach. Versuche mit zentrisch und mit exzentrisch belasteten Pfeilern aus Backsteinmauerwerk und aus Beton, Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure, 1910, Seite 1625 u. f.

6. C. Bach und O. Graf. Versuche mit Eisenbetonbalken, dritter Teil, „Mitteilungen über Forschungsarbeiten", 1910, Heft 90 und 91.

A. Versuche über die Widerstandsfähigkeit des Betons in der Druckzone von Balken mit einfach rechteckigem Querschnitt und von Plattenbalken. Einfluß der Plattenbreite. Versuche mit Plattenbalken, deren Querschnitt unsymmetrisch in bezug auf die Kraftebene ist.

B. Versuche mit Eisenbetonbalken, welche Einlagen in der Druckzone besitzen.

C. Versuche mit Balken, deren Eiseneinlagen Vorspannung besitzen und mit Balken derselben Bauart ohne Vorspannung.

7. Versuche mit Eisenbetonsäulen zur Ermittelung des Einflusses verschiedener Querbewehrung auf die Druckelastizität und auf die Druckfestigkeit der Körper. Wiederholte Prüfung der Säulen, zunächst mit Querbewehrung, dann ohne Querbewehrung. Die Ergebnisse sind bis jetzt nicht veröffentlicht).

8. Versuche zur Ermittlung des Einflusses von granulierter Hochofenschlacke auf die Druckfestigkeit von Beton. (Die Ergebnisse sind bis jetzt nicht veröffentlicht)

9. C. Bach. Der Widerstand einbetonierten Eisens gegen Gleiten in seiner Abhängigkeit von der Länge der Eiseneinlagen „Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure", 1911, Seite 859 u. 860

10. Versuche zur Ermittlung des Einflusses der Luftlagerung auf die Zugfestigkeit von Zementmörtel, mit und ohne Traßzusatz. (Die Ergebnisse sind bis jetzt nicht veröffentlicht.)

Digitized by Google

ZUSAMMENSTELLUNG

der Fälle, in welchen bei Beanspruchung von Balken auf Biegung der Bruch eintrat:

A. Durch Zerdrückung des auf Druck beanspruchten Betons bevor die Streckgrenze des auf Zug beanspruchten Eisens erreicht war;

B. Durch Erschöpfung der Widerstandsfähigkeit der Balken gegen Querkräfte.

Zusammenstellung A.

Der Bruch der Balken tritt ein durch Zerdrückung des Betons.

Vergleiche: Veröffentlichung	Zusammenstellung	Bezeichnung der Balken Nr.	Nutzquerschnitt B 9 cm	Bewährung in Hundertteilen des Beton-Nutzquerschnittes $100 \cdot \frac{A}{B}$ %
C. Bach u. O. Graf. Versuche mit Eisenbetonbalken, dritter Teil. Mitteilungen über Forschungsarbeiten 1910, Heft 90 und 91; vergleiche das vorstehende Verzeichnis unter VI, 6.	1	269, 270, 278, 281, 294	315	8·05
	2	322, 328, 387	396	7·60
	3	323, 329	396	7·66
	4	391, 393, 395	396	7·38
	13	386, 388	396	7·45

Bemerkung: Der Prozentgehalt ist auf den Nutzquerschnitt des Betons des Balkens rechteckigen Querschnittes oder der Rippe des Plattenbalkens bezogen.

Digitized by Google

Zusammenstellung B.

Vergleiche: Veröffentlichung	Seite	Bezeichnung der Balken Nr.	Nutzquerschnitt B cm²	Maximale Scherspannung des Betons $T_B = \tau_b$ kg/cm²	Bewehrungsprozent an den Balkenenden in Form von: gerade Stangen %	abgebogenen Stangen %	Bügeln: im Normalschnitt %	Bügeln: für 1 m Länge %	Bemerkungen
Luft. Mitt. von Ergebnissen neuerer Eisenbetonversuche usw. Nachtr. z. Bericht über die XI. Hauptversaml. des deutschen Betonvereins 1908, vgl. Verzeichnis v. Versuchen m. Beton u. Eisenbeton, Mitt. für d. V. Kongreß, Kopenhagen 1909 unter IV, 15.	13	3	420	17·6	4·50	—	—	—	
	15	9	420	31·9	3·75	0·75	—	—	
	18	10	420	33·7	3·75	0·75	—	—	
	24	11	420	32·0	2·24	2·24	—	—	
	27	4	420	35·7	2·24	2·24	—	—	
	30	5	420	32·4	4·50	—	0·135	0·94	
	33	6	420	36·6	4·50	—	0·27	1·89	Bügel verankert
C Bach. Versuche mit Eisenbetonbalken, 2. Teil. Mitteilungen über Forschungsarbeiten, Heft 45 bis 47, 1907. Vgl. Verzeichnis v. Versuchen m. Beton u. Eisenbeton, Mitteilungen für den V. Kongreß Kopenhagen 1909 unter IV, 13 B.	113	71, 72, 87	970	11·9	1·83	—	—	—	
	122	74, 75, 88	970	15·7	1·83	—	0·08	0·95	
	123	76, 77, 89	970	19·4	1·83	—	0·50	4·00	
	127	79, 80, 81	970	17·2	0·83	1·05	—	—	
	130	82, 83, 84	970	21·1	0·83	1·05	0·08	0·95	
	138	70, 73, 78	970	25·8	0·83	1·05	—	—	
Deutscher Ausschuß für Eisenbeton. Heft 10.	96	317, 318, 319	690	31·0	3·83	—	0·391	4·69	U Haken
	97	320, 321	690	28·3	3·83	—	0·394	2·76	»
	97/98	324, 327	690	25·4	3·83	—	0·11	0·88	»
	98	330, 331	690	17·4	3·83	—	—	—	»
	103	401, 403, 432	706	11·6	3·57	—	—	—	Kein Haken
	103/104	402, 404, 407	530	11·6	4·76	—	—	—	»
	104	433, 434, 436	1059	11·6	2·38	—	—	—	»
	105	435, 437, 439	706	15·6	3·57	—	0·11	0·77	»
	105/106	412, 430, 431	530	15·7	4·76	—	0·15	1·05	»
	106	438, 440, 443	1059	13·0	2·38	—	0·08	0·56	»
	107	441, 442, 447	706	17·5	3·57	—	—	—	U Haken

Digitized by Google

Vergleiche		Bezeichnung der Balken Nr.	Nutz-querschnitt B cm²	Maximale Scherspannung des Betons $T = B = \tau_b$ kg/cm²	Bewehrungsprozent an den Balkenenden in Form von				Bemerkungen
					geraden Stangen %	abgebogenen Stangen %	Bügeln		
Veröffentlichung	Seite						im Normalschnitt %	für 1 m Länge %	
Deutscher Ausschuß für Eisenbeton, Heft 10.	108	445, 446 448	706	25·7	3·57	—	0·22	1·10	U Haken
	109	447, 449, 450	706	23·1	3·57	—	0·11	0·55	»
	110	451, 452, 454	706	21·1	3·57	—	0·06	0·30	»
	111	453, 455, 456	706	26·6	3·57	—	0·22	1·54	»
	112	457, 458, 459	706	25·5	3·57	—	0·11	0·77	»
	113	460, 461, 468	706	23·2	3·57	—	0·06	0·42	»
	114/115	462, 469, 502	706	26·4	3·57	--	0·22	1·54	»
	116	463, 474, 475	706	30 1	3·57	—	0·22	2·20	»
	117/118	480, 481, 483	706	28·3	3·57	—	0·11	1·10	»
	119	482, 487, 488	706	25·7	3·57	—	0·06	0·60	»
	120	489, 491, 492	706	28·7	3·57	—	0·06	1·20	»
	121	493, 495, 497	706	23·0	3·57	—	0·11	0·77	»
	122	503, 508, 509	706	23·9	3·57	—	0·11	0·77	»
	123	496, 499, 500	706	28·1	3·57	—	0·22	1 54	»
	124	517, 520, 521	706	24·8	3·57	—	0·11	0·77	»
	125	511, 512, 514	706	21·7	3·57	--	0·11	0 77	L-Haken

Digitized by Google

Digitized by Google

COMPLÉMENT AU RAPPORT DE LA COMMISSION DU BÉTON ARMÉ.
□□□□ BEILAGE ZUM BERICHT DER EISENBETON-KOMMISSION. □□□□
APPENDIX TO THE REPORT OF THE REINFORCED CONCRETE COMMITTEE.

XII 1b

BERICHT ÜBER DIE UNTERSUCHUNGEN VON ARMIERTEM BETON IN ÖSTERREICH.

Erstattet
an den Präsidenten der Commission Prof. Schüle in Zürich
durch Prof. **Kirsch** in Wien.

Von den Untersuchungen vor dem Jahre 1908 seien zunächst erwähnt:

1. Versuche mit Hennebiqueträgern (Prof. v. Thullie in Lemberg). 2 Hauptträger von 9·5 m Länge, 60 cm Höhe, 30 cm Breite mit 2 Querträgern zwischen denselben und 3 Deckenfelder. Beton: 1 Teil Portlandzement, 3 Teile Sand, 5 Teile Schlägelschotter. Deckenplatte 10 cm stark, Querträger 15 × 20 cm. Maße der Deckenfelder: 3·06 m lang, 2·90 m breit. Armierung der Hauptbalken: 6 Rundeisen von 33 mm Dicke, der Querbalken: 4 Rundeisen von 15 mm Dicke; der Platten: 8 kg Eisen pro Quadratmeter. Es wurden 4 Belastungsproben ausgeführt.

2. Biege- und Bruchversuche mit Balken aus reinem und armiertem Beton (Prof. Brik in Wien, k. k. technische Hochschule). 10 Balken 25 × 40 cm, 2 m lang. Mischung 1 : 3. Armierung: 3 Rundeisen von 16 mm Dicke.

3. Versuche auf Zug-, Druck-, Biegungs- und Haftfestigkeit bei verschiedenen Armierungen, Sandzusätzen, Zementsorten und Lagerungen, sowie auf Elastizität, insbesondere die Lage der Nullinie bei den Biegungsbeanspruchungen (Prof. v. Tetmajer in Wien, k. k. technische Hochschule). Diese Versuche umfaßten 150 Druckproben, 168 Zugproben, 312 Biegeproben, 186 Haftproben. (Bericht in „Armierter Beton", 1911, Heft 2, 3 und 4.)

Digitized by Google

Die Armierung bestand aus Rundeisen von abwechselnd 5, 10, 15, 20 und 25 mm Dicke und zwar bei Druck in 3 verschiedenen Arten, ebenso bei Zug. Die Probekörper für die Biegung erhielten nur 2 Rundeisen, doch wurde der Abstand von der äußersten Faser zwischen 3, 6 und 9 cm gewechselt. Die Lagerungen wurden für die ganze Erhärtungszeit im Wasser oder nur 4 Wochen im Wasser, die übrige Zeit an der Luft gewählt. Die Sandzusätze wechselten von 1 : 3, 1 : 4, 1 : 2 : 4, ferner ein magerer Stampfbeton (annähernd 1 : 6) und ein Gußbeton.

Es kamen 2 Portlandzemente und 1 Romanzement in Betracht.

Schließlich wurden noch Untersuchungen über zu nasse oder zu trockene Herstellung, sowie über den Einfluß verschiedenen Armierungsmaterials angeschlossen.

4. Versuche über den Einfluß wiederholter Beanspruchung auf die Haftfestigkeit von Beton an Eisen mit reiner und verrosteter Oberfläche (Prof. Kirsch in Wien, k. k. technische Hochschule). Die Versuche erstreckten sich in gleicher Weise auf Portland- und Schlackenzement.

Im ganzen wurden 144 Einzelversuche und zwar 72 Durchstoßversuche der Eisen nach 10maliger Vorbelastung bis zur zulässigen Spannung und 72 Durchstoßversuche der Eisen nach 50maliger Vorbelastung, ferner 72 Druckversuche durchgeführt. Die Probekörper lagerten an der Luft und kamen teils nach 1 Monat, teils nach 3 Monat Erhärtungszeit zur Prüfung.

5. Versuche mit betoneisernen Säulen (Prof. von Thullie in Lemberg, k. k. technische Hochschule). 88 Säulen von 1 bezw. 1·5 m Länge und 8 cm Dicke (quadratischer Querschnitt) mit verschiedener Armierung (je 4 Rundeisen, bei verschiedenen Dicken von 4, 5 und 8 mm und verschiedenen Abständen der Verbindungsdrähte. Ferner 434 Säulen, 1 und 1·5 m hoch, Querschnitt 12×12 cm, Bewehrung 0 bis 3·15%; Prüfung eines Teiles auf zentrischen Druck, des Restes auf exzentrischen Druck mit 1 und 2 cm Exzentrizität; gleichzeitig Herstellung und Prüfung von Würfeln mit 20 cm Kantenlänge. (Bericht erscheint 1912.)

6. Umfangreiche Versuche mit Säulen, Trägern und Platten, inauguriert durch den österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein in Wien, durchgeführt durch eine 15gliedrige Kommission, die sich aus den hervorragendsten Gelehrten und Praktikern zusammensetzt.

Digitized by Google

Aus dem Programm möge folgendes hier angeführt werden:

a) 52 Säulen quadratischen Querschnittes (25 cm dick) mit 4 Einlagen aus Rundeisen, 3 m, 4·5 m und 7 m lang. Mischung 1 : 3 und 1 : 5, verschiedene Längsarmierung und Querverbindung, zentrisch und exzentrisch belastet, 4 Wochen, 6 Wochen und 3 Monat Erhärtungszeit, mit Portland- und Schlackenzement.

b) 24 Säulen mit 6eckigem Querschnitt, 6 Rundeisen als Einlage, 3 m und 4·5 m lang mit 2 verschiedenen Armierungen (1·25% und 3·15%), verschieden entfernte Querverbindungen, zentrisch und exzentrisch belastet, überdies mit Flächenlagerung, 2 verschiedene Zemente.

c) 16 Säulen, 6eckig mit umschnürtem Beton, 3 m und 4·5 m hoch, 2 Armierungen, 2 Ganghöhen und Stärken der Schraubenwindungen, zentrisch und exzentrisch gedrückt, nur eine Zementsorte, Erhärtungsdauer 6 Wochen.

d) 8 Säulen, quadratisch, 3 m und 4·5 m lang, Winkeleisenarmierung, Querarmierung aus Flacheisen, zentrisch und exzentrisch, eine Zementsorte, 3 Monate Erhärtungszeit.

Insgesamt also 100 Säulen.

e) 16 Platten, 1 m lang und 1 m breit } 6 cm dick, Armierung
16 Platten, 1 m lang und 2 m breit } kreuzweise 0·67 und 0·26%, auf 2 oder 4 Seiten gelagert, in der Mitte konzentriert oder gleichförmig verteilt belastet, 2 Zementmarken, 6 Wochen Erhärtungszeit.

f) 12 frei aufliegende Balken, 4·5 m lang, 22 × 16·5 cm² Querschnitt in 5 Armierungen, gleichförmig und durch 2 symmetrische Lasten belastet.

g) 4 eingemauerte Balken, wie unter f). 2 Stück mit Konsolen.

h) 18 durchlaufende Balken mit je 3 Feldern von 4 m Stützweite, zum Teile mit Vouten, zum Teile mit Bogenform, Belastung gleichmäßig verteilt. Querschnitt und Armierung wie bei f).

i) 3 rahmenartige Tragwerke, 4 m Spannweite und 1 bezw. 2 m Höhe mit einer unteren Zugstange. Belastung gleichförmig.

Alle unter f), g), h) und i) genannten Versuchskörper in Mischung 1 : 4 bei 9- bis 11wöchiger Erhärtung.

k) Versuche über den Einfluß der Trägerentfernung bei Plattenbalkendecken.

14 Rippenplatten, jede aus 2 Rippen von 25 cm Höhe und 16·5 bis 22 cm und einer Platte von 6 cm Dicke, Achsenentfernung

Digitized by Google

der Rippen 60, 90, 120 und 150 cm. Verschiedene Armierungen bei 4·5 m Länge, einmal gleichförmig belastet, dann so, daß Lasten nur über den Rippen angreifen. 3 Monate Erhärtung, eine Zementmarke, Mischung 1 : 4.

l) Einfluß des Mischungsverhältnisses auf die Druck-, Zug- und Biegungsfestigkeit des Betons.

Insgesamt 75 Druckversuche,
30 Zugversuche,
45 nicht armierte Balken.

Erhärtungsgrad: 4 Wochen, 6 Wochen, 3 Monate.

Hierzu kommen noch 15 Druck-, 6 Zug- und 3 Biegungsversuche des Betons der Rippenplatten.

m) Einfluß der Armierungsstärke auf die rechnungsmäßigen Biegungsspannungen.

28 Balken, 30 × 15 × 220 cm, in 5 verschiedenen Armierungen Mischung 1 : 4, 6 Wochen Erhärtung.

n) Versuche über Volumänderung des Betons.

28 Balken, 15 × 10 × 110 cm, armiert mit je 2 Rundeisen von 7 bezw. 12 mm Dicke. Mischung 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5. Beobachtungszeit bis zu 1 Jahr.

o) Kontrollbalken zur Bestimmung der Betongüte, 2·20 und 2·60 m lang, Querschnitt 7 × 10, 10 × 10 und 13 × 10 cm, Armierung 2—5%, ausgeführt ca. 150 Versuche.

Schließlich sollen noch Versuche über das Rosten im Beton ins Auge gefaßt werden.

7. Untersuchungen von Beton-Plattenbalken auf Biegung, veranlaßt von Rella & Neffe, ausgeführt von Prof. Hanisch, technologisches Gewerbe-Museum in Wien. 36 Balken, mit und ohne Bügel, 3 m lang, mit verschieden geformten Eiseneinlagen.

3 Balken, 15 × 6 × 300 cm.

3 Zugproben.

3 Druckproben 20 cm³, 3 Druckproben 10 cm³, mit je 1 Rundeisen (20 mm dick).

6 Druckproben 10 × 10 × 20 cm, ebenso armiert.
3 „ 10 × 10 × 30 cm, „ „
6 „ 20 × 20 × 20 cm
6 „ 20 × 20 × 40 cm } „ „
3 „ 20 × 20 × 60 cm

27 Haftproben.

Digitized by Google

8. Versuche über den Scherwiderstand reiner und armierter Betonprismen (Prof. Brik, k. k. techn. Hochschule in Wien).

16 Einzelversuche in 3 Armierungen.

9. Versuche mit Säulen aus Eisenbeton und mit betonierten Eisensäulen (Oberbaurat Dr. v. Emperger in Wien, durchgeführt in der k. k. technischen Hochschule).

a) 23 Säulen, 25 cm^2 Querschnitt, 1 : 3, Rundeisenarmierung und Drahtbügel.

b) 10 Säulen, ebenso, 1 : 4, armiert mit Walzeisen und Rundeisen.

c) 9 Säulen, 1 : 5, Rundeisenarmierung, Querverbindung mit Flacheisen und Draht.

d) 5 Säulen aus 2 Doppel-T Nr. 14, 2·1 bis 5·4 m Länge.

e) 6 Säulen aus 2 [-Eisen Nr. 14, 0·5 bis 3·6 m Länge.

f) 5 Säulen aus 4 L-Eisen $^{60}/_{60}$, 2·1 bis 3·6 m Länge.

g) 5 Balken mit je einem Rundeisen von 22 bis 25 mm Dicke.

h) 2 Versuche zur Bestimmung des Spannungs- und Bewegungszusammenhanges der Eisen in Balkenmitte und Auflager.

i) 8 Balken, 2 Rundeisen, 20 mm dick, als Armierung, mit verschiedenen Bügeln und Aufbiegungen.

k) 4 Balken mit 2 Thacher-Eisen, 17 mm.

l) 5 Balken „ 8 Rund-Eisen, 10 mm.

m) 5 Balken „ 2 „ 20 „ (System Gießhammer)

10. Versuche über den Einfluß verschiedener Druckbewehrungen auf die Tragfähigkeit von Balken (Prof. Dr. Saliger und Fritz Mögle), 27 Stück 4·30 m lang, Querschnitt 20×25 cm (1912).

11. Versuche über die Lastübertragung bei Rippenbalken mit Linienbelastung (Prof. Dr. Saliger und Fa. Fritz Mögle), 2 Decken 6·0 m lang, 4·26 m breit, 35 cm hoch, in baumäßiger Ausführung (1912).

Digitized by Google

Digitized by Google

XII1c

ON THE INVESTIGATIONS IN REINFORCED CONCRETE IN THE UNITED STATES OF AMERICA.

Report of Prof. **A. N. Talbot,** Urbana Ill.

At Purdue University, Lafayette, Indiana, tests have been carried on under the direction of Prof. W. K. Hatt as follows: In 1908 tests were made of combinations of concrete and hollow tile floor systems which showed that the thickness of the wall of the burned terra cotta tile can be added to the width of the concrete rib to determine the resistance of the latter to shear. Other tests were made of beams continuous over two spans loaded at the center to determine the best method of reinforcing against shearing stresses. In 1909 tests are being made upon a series of arches to the number of nine, ranging in span from 8 to 15 ft., the arches varying in crown, thickness, and rise; and including segmental, semi-circular and elliptic, both plain and reinforced. These arches are tested under different loadings, and extensometers are placed upon the arch-ring. The span is kept constant and the thrust measured by calibrated spring external to the arch. The purpose is to measure the thrust and the deformation of the arch ring under loadings. The arches are finally broken.

Experimental work on reinforced concrete has been carried on in the Laboratory of Applied Mechanics of the University of Illinois at Urbana, Illinois, for several years. Published information on results of the tests may be found in the following bulletins of the Engineering Experiment Station of the University of Illinois: No. 1, 4, 8, 10, 12, 14, 20, 22, 28, and 29. A large amount of data of the results of other investigations are being prepared for publication. Of the work in progress the following summary is given:

Digitized by Google

Columns. In columns reinforced with longitudinal rods, a series with the reinforcement ranging from 1% to 8%; a series tested under repetitive loading; and a series reinforced with structural shapes with riveted latticing. In columns with spiral reinforcement, a series to determine theeffect of length of column (lengths up to 20 ft.), of pitch of spiral, and of repetitive loading. In columns reinforced with a combination of spirals and longitudinal rods, a series to determine the effect of amount of longitudinal reinforcement, the latter ranging from 2% to 8%; also tests to determine the effect of repetitive loading.

Beams. The investigations recently taken up are for the purpose of determining the effectiveness of various forms of web reinforcement.

Wall Footings. A series of tests on sections of wall footings tested with a uniform pressure on the bed.

Pier Footings. A series of tests on pieces made to represent reinforced concrete pier footings of various types and methods of reinforcing. These are tested with an approximation to a uniform pressure.

Recent tests on reinforced concrete at the University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, carried on under the direction of Prof. F. E. Turneaure are as follows: During the summer of 1908 crushing tests were made upon plain and reinforced concrete columns. Twenty of these columns 10 ft. long of octagonal or square cross-section (area 118 to 144 sq. in.) were made of 1 : 2 : 4 broken stone concrete. The reinforced columns consisted of four series, reinforced as follows: 1. Structural steel column composed of four angles and lacing bars. 2. Longitudinal rods. 3. Spirals. 4. Longitudinal rods and spirals. The purpose of these tests was to determine the relative strength and elastic properties of these different types of columns. Most of the reinforced columns had a protective shell of concrete outside of the reinforcement. The strength of this shell and the time at which it failed were also studied.

This year tests on spiral-reinforced columns without protective shell are being carried on. There will be made 32 columns 8 ft. 6 in. long and 10 in. in diameter. The variables in this series of tests are percentage of longitudinal reinforcement. Duplicate columns will be made to cover every point in each of

Digitized by Google

the variables studied. Crushing tests will be made upon these columns, and their strength and elastic properties studied with reference to their efficiency as structural elements.

Tests are also being made from time to time to determine the amount of web reinforcement needed in T-beams. A thesis on methods of connecting tension bars in reinforced concrete is being carried on. In addition to the above, some tests on the strength of the flat arch, of plain and reinforced concrete, have been made, and others are under way.

Investigations, now being carried on at the Structural Materials Testing Laboratories at the U. S. Geological Survey under the direction of Richard L. Humphrey, may be summarized as follows:

Reinforced Concrete in Flexure. Tests have been made at 4, 13, 26, and 52 weeks on 336 reinforced concrete beams of 1 : 2 : 4 gravel, granite, limestone and cinder concrete of medium consistency. The reinforcement consisted of $^1/_2$-in. round, mild steel rods and varied from a percentage of 0·5 to one of 2·0.

Tests have been made at 4, 13, 26 and 52 weeks on 96 reinforced concrete beams of 1 : 2 : 5 limestone concrete of medium consistency in which the reinforcement varied from 0·5 to 2·0.

Tests have been made at 24 hours and 1 and 2 weeks on 108 reinforced concrete beams of 1 : 2 : 4 granite, gravel, limestone and cinder concrete of medium consistency. One-half inch round rods of mild steel and three percentages of reinforcement, 1, 1·5, and 2·00 were used. Information regarding the behavior of reinforced concrete at early ages will be obtained.

Tests have been made at the ages of 4 and 13 weeks on 108 reinforced concrete beams of 1 : $1^1/_2$: 3, 1 : 2 : 4, and 1 : 3 : 6 gravel and limestone concrete of medium consistency in which the percentage of reinforcement was 2, 3, and 4.

Tests have been made at the ages of 4 and 13 weeks on 216 reinforced concrete beams of 1 : 2 : 4 and 1 : 3 : 6 gravel and limestone concrete of medium consistency on spans of 6, 8 and 10 ft. The percentages of reinforcement was 1, 2, and 3.

Tests were made at the ages of 4 and 13 weeks on 96 reinforced concrete beams of 1 : 3 : 6 gravel and limestone con-

Digitized by Google

crete having 3% of reinforcement in three 1-in. round rods, the middle rod being turned up outside the load points. These beams were made in groups by three contractors and the Structural Materials Laboratories' force. Beams were molded outside in wooden molds and in the laboratory in steel molds, both machine-mixed and hand-mixed concretes being used. The information obtained will determine the relation between outside practice and laboratory tests.

This series consisted of 48 beams and is similar to the one above except that but one aggregate gravel was used in a 1 : 2 : 4 proportion and all concrete was machine mixed.

The Structural Materials Laboratories are also now carrying on investigations on reinforced concrete in compression, shear, tension, etc., which are expected to have a bearing upon the action of reinforced concrete work.

Tests have been made at the laboratory of Watertown Arsenal under the immediate direction of Mr. James E. Howard, and the published results are to be found in the annual reports of "Tests of Materials". Most of these tests have been made upon concrete columns, plain and reinforced. The reinforced columns tested have a variety of forms of steel bars for the longitudinal reinforcement. In the spiral reinforcement variations were made in the size of the wire and in the pitch of the spirals. The tests were planned to show the effect of the different styles of reinforcement on the ultimate strength of the column and also to find the time when the spiral reinforcement seemed to come into play. The series was intended to give information on which to base a comparison of the strength and general behavior of columns reinforced with varying amounts of longitudinal and spiral reinforcement and also of columns without reinforcement and made with richer concretes.

It also should be stated that investigations along various lines are being conducted at a number of other places in this country. The writer does not have sufficient information to report upon these, but it is believed that the foregoing statements will give a conception of the nature and extent of the investigations in reinforced concrete being conducted in this country.

Digitized by Google

XII 1d

SOME NOTABLE BRITISH TESTS REGARDING THE STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE.

Some Notes by **Edwin O. Sachs**, F. R. S. Ed., London.

The journal "Concrete & Constructional Engineering" has at my request collected particulars regarding a number of tests carried out in Great Britain as to Reinforced Concrete. These particulars were summarised under my supervision and published from time to time as a series of articles. I endeavoured to have this collection made exhaustive, but there were naturally a few experiments of which particulars could not be obtained, owing to their having been conducted by private persons who do not seem inclined to divulge the information. The data were on that occasion presented with little comment, it being thought desirable to place the facts on record in a simple way so that the reader could draw his own conclusions if he so desired, but as a recapitulation of the results obtained is impossible in a short report such as this one, I think a useful purpose will be served by here indicating the more notable tests and the lessons I hold they taught, so that the members of the International Testing Association may obtain some idea of the nature of the work done in the British Isles.

That very little has been done in this country in the way of research work regarding reinforced concrete is, of course, well known. We cannot aspire to having any leading position in this direction, except in respect to the question of fire resistance, which does not quite come within the scope of this report. What little has been done is due to private enterprise alone and there has been no effort to guide these private workers, so that their efforts could be properly collated, compared and eventually form part of

Digitized by Google

some general scheme of investigation. The private individuals and firms, however, who have undertaken tests deserve commendation, for they have performed a service to the community, and particularly to the engineering and architectural professions, which we had no right to expect. Our public institutions, who should have assisted in experimental work, have, unfortunately, been very remiss, for there is practically nothing to place beside the elaborate and highly commendable researches carried out by engineering professors in public laboratories in the United States, Germany and France. Even our Colonies have done something in this direction, though the Mother Country has omitted to do anything. The only exception as indicated above that stands to our credit are the official tests carried out upon the fire-resistance of special systems of reinforced concrete construction conducted by the British Fire Prevention Committee. These tests are especially noteworthy, as very little has been done elsewhere in this direction; the United States being practically the only other country that has carried out any systematic series of such experiments. It is to be hoped that the results of modern investigation in this direction may also some day be recorded for the benefit of the Association.

Firstly, I would remind the members of the Association of some early tests carried out in England from 1870 to 1876 by Mr. D. Kirkaldy and Mr. Thaddeus Hyatt. They demonstrated the value of anchoring the ends of bars in flat slabs because it was evident that the adhesion failed in certain cases. They also proved the value of fixed stirrups or vertical members in concrete beams, though, due to the load being applied centrally, the value of these verticals members was more in the direction of a mechanical anchorage to the main tension member than in resisting diagonal tension.

The next experiment, i. e. one by Mr. Frederick George Edwards, carried out by Mr. D. Kirkaldy in 1891, also showed the advantage of anchorage to the ends of bars, and that the smaller the reinforcement the less need was there for the anchorage because the perimeter of the smaller bars as compared with larger bars was greater.

In 1893 or 1894 another experiment was carried out for Mr. Edwards which showed that beams could be satisfactorily constructed with diagonal members with holes through the webs.

Digitized by Google

The tests by Stuarts Granolithic Company in 1893 and 1894, showed some remarkable results with flat slabs heavily reinforced, and can only be explained on the assumption that the stress strain curb on the concrete was more than a parabola, being almost rectangular.

The tests by Sir John Fowler and Sir Benjamin Baker in 1896 on slabs reinforced with expanded metal, also showed remarkable resistance, but insufficient data regarding the strength of the concrete precludes us from drawing any special conclusions therefrom; the same remark applies to the tests by Mr. James Mansergh in 1898, and by the Northern Architectural Association and others in 1899 on slabs also reinforced with expanded metal. The test by Mr. A. T. Walmisley, Mr. J. P. Allen and Mr. A. H. Morton in 1903 was on a large span flat slab, but nothing much can be gained from it except that the ordinary methods of calculation are satisfactory.

Other tests which we published might be examined in detail to show the application of the formulae in practice, and the factor of safety obtained from the ordinary assumptions, but they contained no special lessons.

Messrs. Hodkin and Jones in 1905, proved how the resistance of a concrete floor was materially increased by the insertion of corrugated bars of some depth extending well up into the floor, and at the same time it was shown how the resistance of ordinary rolled steel joists was increased by the concrete surrounding them in a floor of the old-fashioned type.

The tests on the Herbst tubular floor constructed by the Armoured Tubular Flooring Company, Limited, and conducted by the British Fire Prevention Committee in 1907, showed that there was ample resistance, when carefully constructed, in such floors of moulded ribs and moulded filling pieces which serve as permanent centres for a topping of concrete, such floors being in reality of T-beam construction with a suspended level ceiling.

The test by Messrs D. Kirkaldy and Son in 1907 on a column reinforced only with Kahn bars showed that the inclined ribs of the Kahn bar bent inwards to the centre of the column afforded considerable increase of resistance. The test by the same firm, of some arched roof trusses at Hammersmith Baths reinforced with Kahn bars, though it is difficult to draw any detailed

Digitized by Google

conclusions therefrom, proves the strength of such a structure in reinforced concrete.

Some tests on the Kleine hollow brick and concrete floor with flat bar reinforcements embedded in mortar in the joints between the bricks, proved that concrete below the neutral axis in an ordinary floor is in large part ineffective, and showed that a floor of that type becomes practically a series of T-beams, and that the mortar seemed to adhere strongly to the bricks, and the webs of the T-beam construction are consequently stout enough to resist the shear or diagonal tension stresses.

The tests by Mr. Blackadder substantiated the adequacy of the ordinary method of calculating rectangular beams. in reinforced concrete; those built with shear rods, however, do not show very remarkable results, possibly because of the form of the shear members which were inclined but not rigidly attached to the main bar and possibly because of the manner of loading and of the form of the test pieces.

The tests conducted by Messrs D. Kirkaldy and Son in 1902 for Messrs. A. E. Williams, are interesting as being in respect to doubly reinforced rectangular beams.

The tests on columns for H. M. Office of Works which were also conducted by Messrs. D. Kirkaldy and Son, show that the ordinary formulae fit the conditions of practice well. It was an interesting fact the columns broke near one end, and an explanation of this is needed.

The test on hooped columns which was carried out some years ago for Mr. William Dunn agreed generally with the results obtained by Professor Talbot, considerable deformation resulting before the hooping apparently came into play, and this was recently critisized as resulting in the concrete being overstressed in the early stages and the column deformed, before the hooping proved effective, which it eventually did, in increasing the ultimate resistance of the column. The inference drawn was that the strength of the column which could be worked upon in practice was merely that of plain concrete, and though correct for a column so made was not applicable to columns in which a spiral binding was used together with a fair amount of vertical rods, which combination has been shown by other tests not to have

Digitized by Google

considerable deformation in the early stages of loading, this meaning that the concrete was not overstressed, and such columns have greater resistance than plain concrete.

Various other minor tests went to show, in a general way, the uniformity and general reliability of reinforced concrete, even if they do not add much to our knowledge of theory, or if they cannot be considered as sufficiently detailed to be of scientific value.

The amount of research work which has been done in this country is, however, as indicated above, very small, and it is to be greatly regretted that England, who was the mother of several of the earliest inventors, and in particular of Mr. W. B. Wilkinson who should be called the real inventor of reinforced concrete as a method of building construction, should be so behind other countries in the investigation of the subject.

It is probably the unscientific manner in which we went about the investigation of reinforced concrete that led to it being undeveloped here and firstly exploited abroad, and finally returning to us when it was regarded as a foreign system. This is too often the tale of invention in England, and our engineering institutions and our professors of engineering have nothing to compliment themselves upon. At the present time we are in fact — except in respect to the matter of fire resistance — very much behind all the other great nations in our tests on structural materials and systems of construction which are few and far between, and are only executed on a small scale.

It seems almost hopeless to expect our Government or our engineering colleges, — where so often lack of interest or understanding of such problems has been shown, — to now pay any attention to the matter, so that we can only hope for the efforts of private bodies such as the professional societies intimately concerned.

Should this slight contribution to the subject by its poverty compared with the contributions from other countries assist in an awakening of my colleagues at home as to the necessity of systematic research work, then these lines will not have been written in vain.

Digitized by Google

Digitized by Google

XII 1e

REINFORCED CONCRETE TESTS MADE IN DENMARK.

By Prof. **E. Suenson,** Copenhagen.

Since the report to the congress held at Copenhagen in 1909 was given, the following tests have been made, n° 4 and 5 by Prof. Ostenfeld, the rest by the writer.

1. Tests of beams, $2^{3}/_{8}$ inches in height, $3^{9}/_{16}$ inches in breadth, 5·9 feet in span length and reinforced with 1·5—2·3—3·2—3·9—4·5—6·4—10·4—13·9 per cent. steel. Such 8 beams were made of a very weak concrete (1 : 2 : 3, only 7 days old), and 8 similar beams were made of a very strong concrete (neat cement, $5^{1}/_{2}$ months old). The breaking load P (in the middle of the beam) and the extreme fibre stresses is printed in the following table ($n = E_s : E_c = 15$):

Reinforcement		Round bars $^{9}/_{32}$" in diameter					Round bars $^{9}/_{16}$" in diam.		
		2 pieces	3 pieces	4 pieces	5 pieces	6 pieces	2 pieces	3 pieces	4 pieces
Steel area	sq. inch.	0·12	0·18	0·24	0·30	0·36	0·48	0·72	0·96
	per cent	1·5	2·3	3·2	3·9	4·5	6·4	10·4	13·9
Weak concrete	P lbs	519	577	501	557	602	578	608	625
	f_c lbs/sq. in.	2605	2660	2270	2370	2280	2380	2750	2930
	f_s „ „	42000	32600	22250	19900	17400	13700	10700	8740
Neat cement	P lbs	751	1040	1285	1503	1894	2002	2402	3342
	f_c lbs/sq. in.	3840	4840	6270	6950	8000	8560	11420	14600
	f_s „ „	61500	58500	58800	55700	37400	47900	43000	44000

In the first row of beams the yield point of the steel is not reached, not even in the beam with 1·5 per cent. steel, therefore f_c is nearly the same for all the beams. In the second row, on

Digitized by Google

the contrary, the yield point of the steel is reached in all the beams, and of course f_c increases with the steel percentage; even in the beam with 13·9 per cent steel the compressive strength of the cement is not reached.

2. Tests of 60 cubes and 50 beams made of 12 various kinds of concrete.

All the beams were reinforced with about 1·65 per cent. of steel, and the breaking load was about the same in all cases in agreement with the yield point of the steel and independent of the quality of the concrete (the compressive strength of the cubes varied from 1800 to 3020 lbs. per square inch). Beams for concrete testing must therefore have a greater steel ratio.

The tests 1 and 2 are published in "Ingeniören" 6. November 1909 and in „Beton und Eisen" 1910, No. VI.

3. Tests of 25 cubes, having a length of side of $7^7/_8$ inches, and 100 beams, $2^3/_8$ inches in height, $3^9/_{16}$ inches in breadth, 5·9 feet in span length, reinforced with from 1.59 to 42·9 per cent steel for finding out the necessary steel ratio in beams for concrete testing.

The tests showed, that the breaking moment and f_c increased with the steel percentage until about 4 per cent. steel has been reached; when the steel ratio was greater, both the breaking moment and f_c remained constant. The compressive strength of the cubes (28 days old) was found to be 3360 lbs. per square inch, and f_c was found to be 1,26 times as high (when $n = 15$). In beams for concrete testing the steel percentage, therefore, must be not less than about 6, as the concrete is often stronger than 3360 lbs. per square inch. The reinforcement was bars of mild steel, and the yield point may have been situated at about 39800—42700 lbs. per squ. in. If steel with a higher yield point is used for the beams, the steel ratio may be lower, because 6 per cent. steel with the yield point 40000 lbs. has the same effect as 4 per cent. steel with the yield point 60000 lbs.

The tests are published in "Ingeniören", 10. Juni 1911 and in „Beton und Eisen" 1911, No. XI.

4. Prof. A. Ostenfeld has made tests on 36 cubes ($7^7/_8$ in.) and 36 beams, $2^3/_4$ in. in height, $3^9/_{16}$ in in breadth, 5·9 feet in span length, reinforced with from 5 to 7 per cent. steel. He found, that when the compressive strength of the cubes varied from

Digitized by Google

3660 to 540 lbs. per squ. in., f_c varied not in the same ratio, but only from 1·45 times to 1·73 times the compressive strength of the cubes.

5. By some other tests on 25 cubes ($7^7/_8$ in.) and 30 beams, of which 15 were $3^{15}/_{16}$ in. in height, $2^3/_4$ in. in breadth, 5·9 feet in span length, reinforced with 5·5 per cent. steel, and 15 were $2^9/_{16}$ in. in height, $3^9/_{16}$ in. in breadth, 5·9 feet in span. length, reinforced with 5·6 per cent. steel, he found, that the higher shape always broke in consequence of shearing stresses.

The tests 4 and 5 is published in "Ingeniören", 26. August 1911.

6. Tests for finding out the influence of the greatness of the grain of gravel on the compressive strength of the concrete.

The pit gravel was artificialy dried and sorted into the following sizes:

		Weight in lbs. per cubic foot filled in loosely	shaked in
Sand	0— $^1/_{16}$"	98·6	113·0
Groat-stone . .	$^1/_{16}$"— $^1/_8$"	84·3	94·9
Pearl-stone . .	$^1/_8$"— $^7/_{32}$"	83·6	93·6
Pea-stone . . .	$^7/_{32}$"— $^5/_8$"	87·5	97·5
Nut-stone . . .	$^5/_8$"—1$^1/_8$"	86·1	94·4

By weighing and waterfilling it was found, that by loose volumen the weight of a cubic foot and the density was constant for the four coarse aggregates because of their uniform greatness of grain, whilst the sand with its variable greatness of grain was much denser and heavier. The specific gravity was independent of the coarseness and was about 2·65, so that the density commonly may be found without waterfilling only by calculating from the weigth per unit of volume. The following values respectively are:

Weigth in lbs. per cub. foot:	120	115	110	105	100	95	90	85	80	75	70
Density (per cent):	72·6	69·6	66·6	63·5	60·5	57·5	54·5	51·4	48·4	45·4	42·4
Voids (per cent):	27·4	30·4	33·4	36·5	39·5	42·5	45·5	48·6	51·6	54·6	57·6

Through mixing the grains in various ratios was produced 55 various aggregates, of which the weight per unit of volume is determined, and of 17 of these aggregates was produced cubes of concrete in the proportion of 1 : 4 by loose volume. The strength of these cubes was found to be independent of the density of the aggregate, because a great proportion of Sand gave a great density but little strength.

Digitized by Google

For example it was found:

Composition of the aggregate in parts of weight	Weight of the aggr. by loose volum. in lbs. per cub. foot.	The concrete		
		Prop. of mixture in volume parts	Weight in lbs. per cubic foot	Strength in lbs. per sq. in.
30% fine Aggr.[1]) 70% Pea-stone	103·5	1 : 4	143·0	3590
40% „ „ 60% „ „	108·5	1 : 4	139·5	3390
50% „ „ 50% „ „	109·8	1 : 4	138·3	2880
60% „ „ 40% „ „	110·4	1 : 4	136·6	2730
30% „ „ 70% Nut-stone	108·5	1 : 4	142·4	3440
40% „ „ 60% „ „	114·8	1 : 4	141·4	3080
50% „ „ 50% „ „	117·9	1 : 4	139·7	2680
60% „ „ 40% „ „	116·0	1 : 4	138·0	2320
Only Groat-stone	84·3	1 : 4	131·7	3020

A great density (or a little percentage of voids) is therefore no measure for the quality of the aggregate, as it is often believed. The explanation is, that when the aggregate is mixed with ceme n and water, the grains are covered with a membrane of cement, so that in the concrete the grains are separated by cement joints. The number of these joints increase with the fineness of the aggregate, and a fine aggregate, therefore, will not give so compact a concrete as a coarse one, when the proportion of cement is the same.

For example on the bad influence of the fine grains the following tests are cited:

Aggregate	Greatness of grain	Strength of concrete 1 : 4
Nut-stone-gravel	0—$1^1/_8$"	2640 lbs. pr. sq. in.
Pea-stone-gravel	0—$^5/_8$"	2360 „ „ „ „
Pearl-stone-gravel	0—$^7/_{32}$"	1734 „ „ „ „
Groat-stone-gravel	0—$^1/_8$"	1464 „ „ „ „
Sand	0—$^1/_{16}$"	1310 „ „ „ „
Groat-stone	$^1/_{16}$"—$^1/_8$"	3020 „ „ „ „

The Nut-stone-gravel was the natural gravel having passed a sieve with $1^1/_8$" round meshes; 100 lbs. Nut-stone-gravel contained 14·7 lbs. Nut-stone, 21·8 lbs. Pea-stone, 6·8 lbs. Pearl-stone,

[1]) Composed of 3·3% Pearl-stone, 21·7% Groat-stone and 75·0% Sand.

Digitized by Google

13·0 lbs. Groat-stone and 43·7 lbs. Sand. The Pea-stone-gravel was the same, only without Nut-stone etc.

The tests are published in "Ingeniören", 10. December 1910 and in „Beton und Eisen" 1911, No. VIII, IX and X.

7. The following tests may perhaps be interesting, though they are only indirectly related to reinforced concrete.

6 cubes, $11^{13}/_{16}$ inches in size, was sawed out of about 175 years old masonry of bricks in lime mortar and crushed:

First crack by:	540	569	697	754	782	882	lbs. pr. sq. in.
Crushing by:	1138	1024	968	1110	1038	1024	„ „ „ „

The mean pressure was by the first crack 710 and by the crushing 1050 lbs. pr. sq. in. 10 bricks tested isolated (standard test) bore 1550—4140, in mean 2430 lbs. pr. sq. in.

Digitized by Google

Digitized by Google

XII 1 f

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LE BÉTON ARMÉ EN SUISSE.

Rapport de M. **F. Schüle** à Zurich.

Les essais entrepris jusqu'en 1909 ont servi de base au réglement établi par la Commission suisse du béton armé, publié en août 1909 et adopté dès cette époque pour tous les travaux soumis au contrôle des autorités municipales, cantonales et fédérales, à l'exception des chemins de fer dont les constructions en béton armé sont soumises à un réglement provisoire de 1906 non encore révisé. La publication du réglement de 1909 n'a pas arrêté les recherches expérimentales, elles ont été poursuivies au Laboratoire fédéral d'essai des matériaux, qui à cet effet a fait l'acquisition d'une presse Amsler de 500 t permettant l'essai de colonnes ayant jusqu'à 3·80 m de longueur.

Les recherches sur le béton armé ont porté sur les points suivants:

1. Influence de barres d'armature dans la zône de compression de poutres sollicitées à la flexion,

2. Influence du renforcement de plaques en béton armé par l'augmentation ultérieure de leur épaisseur,

3. Influence de condition variables d'encastrement sur la résistance à la rupture de poutres en béton armé avec ou sans nervures,

4. Comparaison des armatures en fers ronds et des armatures Kahn dans des poutres à nervure, sollicitées à la flexion, avec et sans encastrement des extrémités,

5. Complément des essais sur poutres fléchies avec armatures de section variable.

Digitized by Google

Les recherches sur les matériaux isolés se rapportent:

1. à l'influence de la forme d'éprouvettes parallélipipédiques de dimensions variables sur la résistance à l'écrasement,

2. à l'influence du dosage, de la nature du ciment et du genre de conservation à l'air et sous l'eau sur la résistance du béton. Ces expériences ont été entreprises avec des prismes de 12 × 12 × 36 cm essayés à la flexion puis à l'écrasement entre plaques d'acier de 12 cm de largeur, en réglant à l'avance la densité apparente du béton frais pilonné. Ces essais entrepris avec 7 sortes de ciment Portland s'étendront sur plusieurs années.

3. les recherches antérieures avec les sables et gravier fournis par les villes suisses ont permis d'établir une relation entre les propriétés élastiques du béton à la compression et sa résistance à l'écrasement et font l'objet d'une note spéciale.

L'étude expérimentale de constructions terminées a présenté une importance particulière pendant les deux dernières années. car elle a permis de constater la façon dont se comportent les constructions établies d'après le réglement nouveau de 1909. Les essais ont consisté en mesure de flèches sous une charge appliquée sur une zône ayant la portée de la dalle ou du plancher et une largeur de 3 m généralement. Les inflexions observées à l'aide d'un nombre suffisant de fleximètres (5 à 10 suivant les cas) ont indiqué l'accroissement de la flèche pour les diverses phases d'application de la surcharge ainsi que la répartition de la fatigue au delà de la zône directement chargée. Avec les résultats des essais de poutres jusqu' à rupture faits au Laboratoire, il est possible d'avoir les bases pour l'appréciation des résultats des essais courants.

Quant aux essais usuels de contrôle du béton armé qui comprennent outre les essais technologiques courants du métal et du ciment, l'essai de cubes et de prismes non armé (12 × 12 × 36 cm) en béton, leur importance ressort du chiffre suivant: pendant les années 1909 et 1910 le Laboratoire de Zurich a eu à essayer 1227 séries d'éprouvettes de béton préparées sur les divers chantiers du pays et expédiées soit par les agents de contrôle soit par les entreprises de travaux.

Digitized by Google

Laboratoire fédéral d'essais à Zurich.

Poutres sollicitées à la flexion et dont la rupture anormale s'est produite par écrasement de la zône comprimée ou par les efforts tranchants.

Désignation de la poutre	Section	Armature en % de la section utile		Age à l'essai jours	Résistance du béton à l'écrasement (cubes) kg/cm²	Cause de la rupture	Résistance calculée du béton écrasé kg/cm²	Cisaillement en kg/cm² de la section théorique du béton	Armature en % de la section utile du béton		Etriers en % de la section horizontale de la nervure à l'extrémité	Inclinaison des barres relevées
		de la nervure	de la poutre						barres droites	barres inclinées à l'extrémité		
H10 7	à nervure	3,50	0,87	395	261	cisaillement	—	25,4	1,75	1,75	—	11° 30′
H10 9	»	1,57	0,39	42	125	»	—	14,2	0,79	0,79	—	11° 30′
H10 10	»	1,57	0,39	42	110	»	—	14,2	0,79	0,79	—	11° 30′
H10 11	»	3,50	0,87	42	116	»	—	21,2	1,75	1,75	—	11° 30′
H10 12	»	3,50	0,87	42	100	»	—	19,6	1,75	1,75	—	11° 30′
H10 13	»	3,50	0,87	42	124	»	—	24,3	1,75	1,75	—	35° 30′
H12 22B	rectangulaire	2,72	2,72	42	193	»	—	17,1	1,36	1,36	—	11° 30′
H12 8	à nervure	3,50	0,87	814	361	»	—	32,2	1,75	1,75	—	11° 30′
H12 14	»	4,33	1,08	545	237	»	—	33,0	2,16	2,17	0,78	11° 30′
H13 3	rectangulaire	3,63	3,63	90	264	écrasement zône comprimée	370	25,3	1,81	1,81	—	21° 40′
H13 4	»	4,20	4,20	90	264	»	376	27,0	2,10	2,10	—	21° 40′
H13 5	»	4,91	4,91	90	262	»	348	26,1	2,45	2,45	—	21° 40′
H13 A	»	1,68	1,68	30	113	cisaillement	—	12,4	0,84	0,84	—	21° 40′
H13 B	»	2,55	2,55	30	106	écrasement zône comprimée	176	13,8	1,27	1,27	—	21° 40′
H13 C	»	3,63	3,63	30	72	»	175	14,6	1,81	1,81	—	21° 40′
H13 D	»	4,20	4,20	30	64	»	155	13,5	2,10	2,10	—	21° 40′
H13 E	»	4,91	4,91	30	137	»	207	18,7	2,45	2,45	—	21° 40′
H13 F	»	4,91	4,91	50	337	»	426	31,3	2,45	2,45	—	21° 40′

Digitized by Google

Le tableau suivant indique les conditions d'armature des poutres sollicitées à la flexion et dont la rupture aux essais de laboratoire a eu lieu par écrasement du béton dans la zône comprimée ou par insuffisance de résistance aux efforts tranchants.

Les désignations H 10, H 12, H 13 indiquent le cahier des „Mitteilungen der eidg. Materialprüfungsanstalt" où les essais ont été publiés. La résistance calculée figurant au tableau a été déterminée par la méthode usuelle qui suppose le béton de la zône tendue fissuré et avec une valeur

$$n = \frac{E_{fer}}{E_{béton}}$$

variant de 20 pour les poutres dont le béton a une résistance faible à n = 10 pour celles dont le béton a une résistance élevée

La section théorique admise dans le calcul du taux de cisaillement moyen à la rupture est le produit de la largeur de la nervure par la hauteur de la poutre entre les centres de traction et de compression.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XII 2

BAUUNFÄLLE IM EISENBETONBAU.

Von Dr. **F. v. Emperger**, k. k. Oberbaurat, Wien.

Das baumechanische Experiment ist die probeweise Darstellung eines Bauunfalles. Diese Experimente geben uns bekanntlich wichtige Aufschlüsse über Materialeigenschaften und so ist auch der Bauunfall eine Materialprobe bis zum Bruch, der uns über eine mangelhafte Materialeigenschaft Aufschluß gibt. Wir haben natürlich alle das gemeinsame Interesse, diese Proben auf das Laboratorium beschränkt zu sehen und glauben daher in dem baumechanischen Experiment und in der damit erreichbaren besseren Erkenntnis der Baustoffe und ihres Zusammenwirkens den Weg gefunden zu haben, um Unfälle in der Praxis zu verhindern. Um aber zu wissen, wo unsere Erkenntnis verbesserungsfähig ist und wo das Versuchswesen einsetzen soll, um da wirksam einzugreifen, müssen wir zu erfahren trachten, woher hauptsächlich diese Bauunfälle stammen und worin ihre Ursachen bestehen. Dieselbe doppelte Aufgabe hat die Berichterstattung über Bauunfälle gehabt, wie sie dem Kongreß in Brüssel 1906 vorgelegen ist. In diesem Bericht ist die Unzulänglichkeit privater Mittel für eine erschöpfende Darstellung zum Ausdruck gebracht worden, mit dem Wunsch, daß **durch eine amtliche einwandfreie Statistik ein klarer Einblick in die diesbezüglichen Verhältnisse geschaffen werden möge.**

Diese in erster Linie auf Unfallverhütung zielende Bestrebung der Materialerforschung hat inzwischen einen wesentlichen Erfolg zu verzeichnen, da zwei Länder diesen Wünschen des Kongresses durch Einführung einer offiziellen Berichterstattung

Digitized by Google

entsprochen haben. Es ist dadurch in Zukunft eine einwandfreie Unterlage für weitere Arbeiten dieser Art geschaffen worden. Es geschah dies in besonders gründlicher Weise in Deutschland durch einen Runderlaß des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten vom 18. September 1911, der zunächst nur für Preußen gilt. (Siehe „Beton und Eisen" 1911, S. 361.)

Es wird durch diesen Erlaß nicht nur das Verfahren für jede Art von Bauunfällen (also auch für solche, die mangels einer Beschädigung an Leib und Leben sich bisher jeder Jurisdiktion entzogen haben), genau festgelegt, sondern auch durch Aufstellung einer Sachverständigenliste eine kompetentere Beurteilung sicherstellt, während die bisherigen Nachrichten über Bauunfälle nicht nur sehr lückenhaft waren, sondern auch gewöhnlich von hiezu nicht oder wenig berufener Seite herrührten.

Ein ähnlicher, wenn auch allgemeiner Erlaß des k. k. Ministeriums für öffentliche Arbeiten vom 8. Mai 1911 ist bereits früher in Österreich erlassen worden („Beton und Eisen" 1911, S. 449).

Durch diese zwei wichtigen Erlässe ist ein Hauptwunsch des Berichtes zum Kongreß in Brüssel 1906 für diese Gebiete erfüllt und zugleich ein maßgebendes Beispiel geschaffen worden. Jedenfalls ist damit die private Berichterstattung nur auf die anderen Länder beschränkt worden.

Seit dem letzten Bericht haben sich nur wenige größere Unglücksfälle zugetragen, die eine allgemeine Aufmerksamkeit erregt haben. Mit Rücksicht auf die eingehende jeweilige Wiedergabe der betreffenden Zeitungsnachrichten in den Spalten von „Beton und Eisen", glaubt der Referent von einer ausführlichen Wiedergabe derselben umsomehr absehen zu können, da auch die bekanntgewordenen Berichte keinen Anspruch auf Vollständigkeit haben und mit Rücksicht auf ihre nicht immer verläßlichen Quellen vielfach entstellt sind.

Eine der wichtigsten Ursachen solcher Unfälle hat stets in der mangelhaften Materialkenntnis beim Ausschalen der Betontragwerke bestanden, weil die Qualität des Betons bei den verschiedenen Einflüssen, welchen das Material beim Bau ausgesetzt ist, vom Laboratorium aus nur höchst unvollkommen beurteilt werden konnte, oder aber weil es sich mangels irgendwelchen Zusammenhanges zwischen Laboratorium und Bauplatz tatsächlich fast jeder Kontrolle entzogen hat. Es ist vorgekommen, daß

Digitized by Google

ein durch Frost verdorbener oder ein in seiner Entwicklung zurückgehaltener Beton ausgeschalt wurde, obwohl die betreffenden für mittlere Verhältnisse berechneten Vorschriften genau eingehalten worden sind und daß durch dieses zu frühe Ausschalen große Unglücksfälle entstanden sind. Es ist aber auch vorgekommen, daß gewissenhafte Unternehmer mit ihren bewährten Methoden Unfälle zu verzeichnen hatten, weil sie in einer ihnen unbekannten Gegend fremde Materialien verwendet haben, ohne sich zuüberzeugen, ob dieselben auch gleichwertig mit den ihnen bekannten sind.

Eine aufs äußerste gewappnete Vorsicht kann da wohl immer den Unfall verhüten, doch steht nicht immer dort, wo die Gefahr am nächsten ist, auch das Bewußtsein der Gefahr dem Bauunternehmer warnend zur Seite. Für diese Möglichkeiten hat Schreiber dieses ein einwandfreies inzwischen mehrfach erprobtes Hilfsmittel*) in dem sogenannten Kontrollbalken gefunden, der in einfacher und verläßlicher Weise am Bau selbst ein Urteil erlaubt, ob der Beton einer Tragkonstruktion zum Ausschalen reif ist oder ob man mit dem Ausschalen noch zuwarten soll. Seine Anwendung bei Bauten unter außerordentlichen Verhältnissen insbesondere zur Herbst- und Winterszeit und auch bei zu großen Hitzen und mit unbekanntem Material muß daher dringend empfohlen und vor der so oft gehörten Behauptung gewarnt werden, daß ein erfahrener Betonbauer den Beton nach dem Gefühl beurteilen kann. Ich habe z. B. mehrfach durch Proben festgestellt, daß die von erfahrenen Fachleuten zurückgewiesenen resp. durch Augenschein für schlecht bezeichneten Sand- und Schotterproben durch Kontrollbalken ein grundverschiedenes Resultat ergaben. Wie viel weniger ist es möglich, den Einfluß der Kälte auf den Beton durch bloßen Augenschein festzustellen. Ich habe diese von mir in „Beton und Eisen" 1903*) aufgestellte Methode zu dem Zweck einer ausführlichen Betonkontrolle 1910 bei mehreren Wiener Bauten eingeführt und erprobt. Siehe insbesondere „Kromus, die Betonkontrolle beim Neubau des k. k. Kriegsministeriums in Wien" („Beton und Eisen" 1911/12) und verweise wegen einer ausführlichen Beschreibung auf das Forscherheft XIV von Ing. G. Neumann „Eine Güteprobe für Beton, System Dr. F. von Emperger".**)

*) II. Bericht der Tagung der höheren deutschen Baupolizeibeamten, Berlin 1911, Verlag W. Ernst & Sohn.

**) Forschungsarbeiten im Gebiete des Eisenbetons. 1911. Ernst & Sohn

Digitized by Google

Klärung gewisser Fragen, wie die in den Versuchen besprochenen, von großer Dringlichkeit ist. Diese Sonderversuche werden auch zweifellos den systematischen Versuchen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton schätzenswerte Fingerzeige geben.

Unsere Versuche sind daher als Vorversuche zu betrachten. Sie sind schon seit Jahren vorbereitet worden, mußten jedoch, weil ihre Durchführung erhebliche Mittel erforderte, bisher zurückgestellt werden.

Dank dem Entgegenkommen der Jubiläumsstiftung der deutschen Industrie, dank der Unterstützung einiger Dresdener Firmen, so insbesondere der Firmen Dyckerhoff & Widmann, Kell & Löser, Odorico, Windschild & Langelott, der Eisenhandlung Gebr. Steuer u. a. wurde es möglich, im Sommer 1911 mit der Herstellung der Versuchsobjekte zu beginnen.

Es steht zu hoffen, daß jetzt, nachdem die Ergebnisse der ersten Versuche vorliegen, sich weitere Förderer, insbesondere aus dem Kreise der Eisenbetonfirmen, finden werden, die eine Fortsetzung dieser Versuche ermöglichen werden.

Die Versuche sind auf dem Gelände der Dresdner Versuchsanstalt ausgeführt worden. Die Versuchseinrichtungen haben sich sehr gut bewährt. Mit den vorhandenen Einrichtungen wird daher eine spätere Fortsetzung der Versuche mit verhältnismäßig geringen Mitteln möglich sein.

Schließlich sei noch hervorgehoben, daß zum ersten Male der Versuch unternommen wurde, die Kinematographie zur Darstellung des Verlaufs der Rißbildung bis zum Bruche heranzuziehen. Es war dies ein erster Versuch, der aber gezeigt hat, daß man auf diesem Wege wertvolle Aufschlüsse, besonders über das Entstehen der Risse bei höheren Belastungen erhalten kann.

I. Versuchsplan.

Die Ermittlung der Momente und Querkräfte bei durchlaufenden Eisenbetonträgern ist, wie wohl nicht erst hervorgehoben werden muß, eine Aufgabe der Statik und ist für Eisenbetonkonstruktionen nicht anders als für einheitliches Material. Der bisher in der Literatur eingeschlagene Weg für die Berechnung von durchlaufenden Eisenbetonkonstruktionen konnte sich daher nur mit allgemeinen statischen Fragen befassen. Hierbei ist man

Digitized by Google

aber nicht auf die Eigenheiten des Eisenbetons eingegangen, weil diese Fragen nur auf dem Wege des Versuches zu klären sind.

Die Versuche müssen derart durchgeführt werden, daß sie darüber Aufschluß geben, wie der Betonquerschnitt zweckentsprechend auszubilden ist, und wie die Eiseneinlagen sinngemäß einzulegen sind. Wenn diese beiden Grundfragen geklärt sind, wird der Konstrukteur in der Lage sein, wirtschaftlich zu entwerfen.

Die Lage der Momenten-Nullpunkte, der Einfluß der Einspannung und der Einfluß der negativen Momente spielen bei durchlaufenden Eisenbetonkonstruktionen eine weit größere Rolle als bei einheitlichem Material.

Bisher sind auf diesem Gebiete Versuche von Koenen und Mörsch bekannt. Die Versuche von Koenen, über welche in einem Vortrag im Deutschen Betonverein im Jahre 1907 referiert wurde, haben sich mit der besonderen Aufgabe befaßt, den Grad der Einspannung bei einer über mehrere Eisenträger durchlaufenden Voutendecke zu ermitteln. Bei diesen Versuchen sind nur die Durchbiegungen an einzelnen Stellen gemessen worden und die Belastung wurde nur bis zur rechnungsmäßigen doppelten Nutzlast, nicht aber, wie dies erwünscht gewesen wäre, bis zum Bruch geführt.

Die Versuche von Mörsch erstrecken sich auf drei Versuchsobjekte mit durchlaufenden T-Balken über 3 Stützen, bei welchen teils Vouten zur Verstärkung des Querschnittes am mittleren Auflager, teils eine Spiralarmierung zur Verstärkung im Druckgurt über dem mittleren Auflager verwendet wurde. Der Querschitt betrug 14 × 25 cm, die Plattenbreite 100 cm, die Plattenstärke 10 cm. Über den Pfeilern erfolgte die Verstärkung der Querschnitte zur Sicherung der seitlichen Stabilität durch Querrippen. Die Belastung wurde mit Sandsäcken vorgenommen und bis zum Bruch geführt. Man beschränkte sich bei diesen Versuchen aber auf die Ermittlung der Bruchlasten.

Ein Studium der Ergebnisse dieser erwähnten Versuche von Koenen und Mörsch zeigt aber, daß sie keine allgemeinen Schlüsse zulassen. In dem ersten Falle handelte es sich um eine besondere Bauart, in dem zweiten Falle um besondere Eiseneinlagen zur Verstärkung des auf Druck beanspruchten Querschnittes. In letzterem Falle könnten allerdings aus der Rißbildung, deren Verlauf sehr sorgfältig in der Veröffentlichung von Mörsch „Der Eisenbetonbau“ gezeigt wird, eine kontinuierliche Wirkung gefolgert werden. Andere

Digitized by Google

Folgerungen können wegen der geringen Zahl der Versuche und wegen des Mangels an Feinmessungen nicht gemacht werden.

Mit den vorliegenden Versuchen an kontinuierlichen Trägern wurde bezweckt, diese Lücke auszufüllen. Hierzu war es erforderlich, in erster Linie Elastizitätsmessungen durchzuführen, um über die Eigenschaften des Materials an sich als auch in der Konstruktion Aufschluß zu erhalten. Es mußten ferner Versuchsobjekte mit solchen Abmessungen gewählt werden, wie sie in Bauausführungen vorkommen, damit die Ergebnisse unmittelbar zu verwerten sind. In diesem Sinne können die Untersuchungen als statische Untersuchungen aufgefaßt werden, und es soll besonders hervorgehoben werden, daß die Versuchsobjekte in solchen Ausmaßen entworfen worden sind, daß man zu Vergleichen und Folgerungen für die Praxis berechtigt ist.

Die Gesichtspunkte, unter welchen die Versuchsobjekte entworfen wurden, sind verschiedenartiger Natur. Sie sind derart berechnet worden, daß eine kontinuierliche Wirkung vorausgesetzt wurde. Somit war die Verteilung der Momente und der Querkräfte gegeben, und aus diesen ließen sich nicht nur die Spannungen im Beton und im Eisen ermitteln, sondern auch die Vorkehrungen treffen, welche gegen das Auftreten der negativen Momente und die zerstörende Wirkung der Schubspannungen notwendig sind.

Als Grundlage für die Abmessungen der Versuchsobjekte wurde der Querschnitt und die Anordnung der Eiseneinlagen bei dem Objekt I gewählt. Dieselbe Anordnung der Eiseneinlagen wurde, soweit dies angängig war, bei allen anderen Objekten wieder verwendet. Der Betonquerschnitt wurde beibehalten und die aus der Berechnung sich mehr ergebenden abgebogenen Eisen wurden als besondere Eisen eingelegt. Von einer Verstärkung des Betonquerschnittes über den Auflagern durch Querrippen wurde abgesehen, weil dadurch die Ergebnisse beeinflußt werden, und weil die Versuchsobjekte sich möglichst an die Praxis anlehnen sollten. Die seitliche Stabilität hat darunter nicht gelitten.

Der Betonquerschnitt und die Eiseneinlagen waren derart gewählt worden, daß der Bruch nicht durch die Überschreitung der Druck- und Schubfestigkeit des Betons, sondern nur durch Erreichung der Streckgrenze des Eisens herbeigeführt werden sollte. Bei der Besprechung der Versuchsergebnisse wird es sich zeigen, daß diese Bedingungen auch erfüllt wurden.

Digitized by Google

Von Wichtigkeit war ferner die Wahl der Belastung. Diese mußte nicht nur so gewählt werden, daß sie durch die Versuchseinrichtung zuverlässig ausgeführt werden konnte, sondern auch derart, daß sie möglichst ungünstige Wirkungen hervorrufen sollte. Auch dieses Ziel ist erreicht worden, wie noch später bei der Besprechung der Versuchsergebnisse gezeigt werden soll.

Entwurf der Versuchsobjekte.

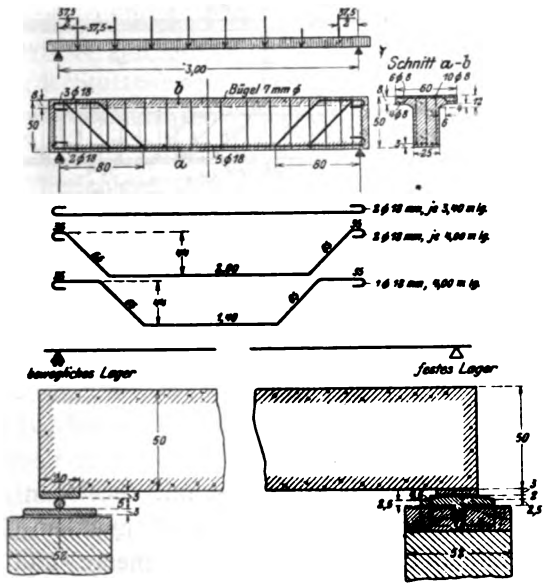


Fig. 1. Träger auf 2 Stützen (Belastungsangabe). Abmessungen und Eiseneinlagen bei Objekt I: Darstellung der Lagerung.

Objekt I. (Hiezu Fig. 1.)

Das erste Objekt, das in erster Linie zu Vergleichszwecken bestimmt war und ferner die Ermittlung der maximalen Spannungen mit Hilfe von Feinmessungen ermöglichen sollte, war ein T-Balken von einer Länge von 3·30 m. Die Spannweite betrug 3 m, der Querschnitt, der bei allen anderen Objekten beibehalten wurde, war bei einer Plattenbreite von 60 cm 50 cm hoch, die Rippenstärke betrug 25 cm, die beim Übergang zur Rippe verstärkte Platte war 8 cm stark.

Digitized by Google

Hier wäre zu bemerken, daß der Querschnitt so stark gehalten wurde mit Rücksicht auf die eingangs hervorgehobenen Grundsätze, unter welchen die Versuchsobjekte entworfen wurden.

Als Eiseneinlagen wurden wie bei allen Objekten 18 mm-Rundeisen verwendet, die entsprechend der Berechnung abgebogen wurden. Hierbei wurden die Haken entsprechend den Ergebnissen bereits bekannter Versuche angeordnet.

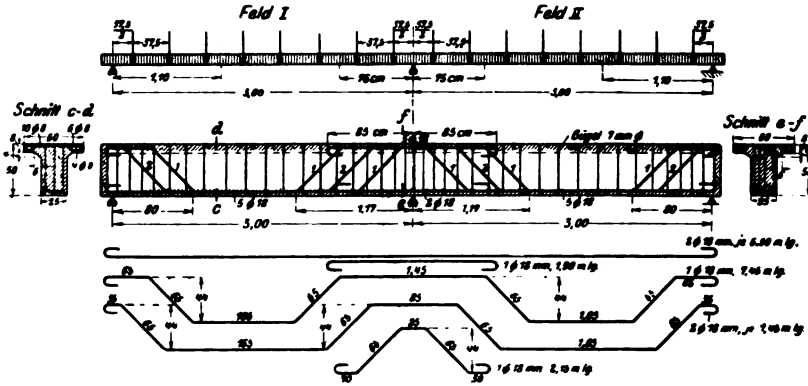


Fig. 2. Abmessungen mit Eiseneinlagen bei Objekt II. Träger auf 3 Stützen. (Belastungsangabe.)

Objekt II. (Hiezu Fig. 2.)

Dieser Träger über 3 Stützen ist mit denselben äußeren Abmessungen wie Objekt I entworfen worden mit dem Unterschiede, daß die zur Aufnahme der negativen Momente und der Schubspannungen mehr errechneten Eisen als besondere Eisen eingelegt wurden, wie dies in der Eisenzeichnung Figur 2 ersichtlich ist.

Dieses reichte über 4 Stützen, die Spannweite der 3 Felder betrug je 3 m, wie bei den vorhergehenden beiden Objekten. Die Eiseneinlagen sind aus der Eisenzeichnung ersichtlich. Zu bemerken wäre noch, daß für die Aufnahme der negativen Momente im unbelasteten mittleren Feld entsprechende Eisen eingelegt wurden.

Object IIIa. (Hiezu Fig. 3a)

Dieses Objekt weicht von den anderen insofern ab, als hier keine freie Lagerung, sondern eine solche Verbindung mit Stützen vorgesehen war, wie sie im Eisenbetonbau sehr häufig vorkommt. Zu diesem Zwecke wurden die 3·50 m hohen Stützen mit einer sehr stark dimensionierten Fundamentplatte von der in Figur 3a

Digitized by Google

ersichtlichen Form verbunden, und zwar derart, daß mit einer Einspannung des Stützenfußes gerechnet werden konnte. Der Anschluß der oberen Tragkonstruktion an die Stützen geschah mit Hilfe der Voutenausbildung, und die Eiseneinlagen der Stützen wurden in den T-Balken hineingeführt. Da nicht beabsichtigt war, eine rahmenartige Konstruktion auszubilden, so wurde von einer Weiterführung der Stützeneisen abgesehen. Die Anordnung der Eiseneinlagen in den T-Balken war ähnlich derjenigen bei Objekt III. Um eine Stabilität zu erreichen, wurden hier 2 Objekte, welche vollkommen gleichartig ausgebildet waren, miteinander verbunden. (Siehe Querschnitt c—d, Fig. 3a.)

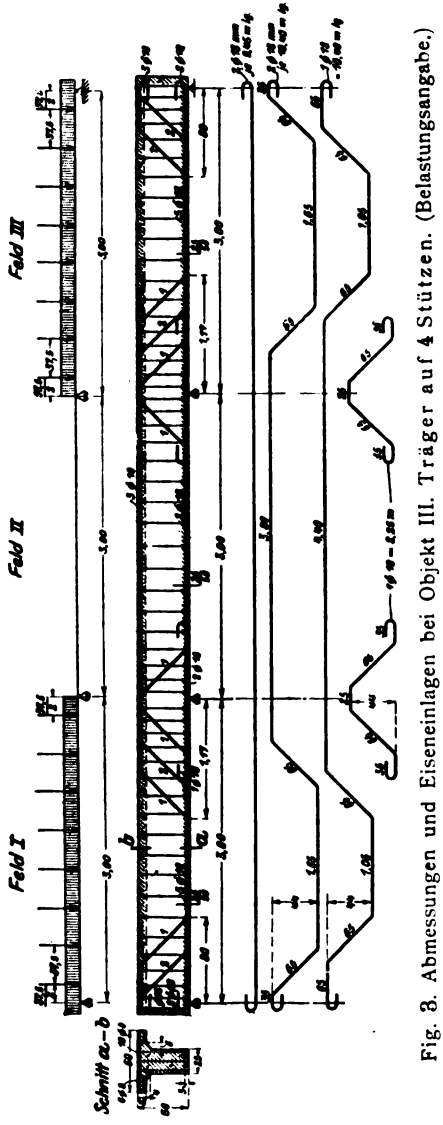


Fig. 3. Abmessungen und Eiseneinlagen bei Objekt III. Träger auf 4 Stützen. (Belastungsangabe.)

Objekt IV. (Hiezu Fig. 4.)

Als letztes Objekt wurde ein über 5 ungleiche Felder durchlaufender T-Balken von denselben Querschnitts-Abmessungen ausgeführt. Die Spannweite des mittleren Feldes betrug 4 m, die der beiden äußeren hatten Spannweiten von je 3 m, die der beiden anderen Felder je 2 50 m. Die Eiseneinlagen wurden entsprechend den Rechnungsergebnissen angeordnet, wie sie in der Eisenzeichnung in Figur 4 ersichtlich sind.

Die Betonmischung wurde in demselben Verhältnis und mit denselben Zuschlagsstoffen hergestellt, wie sie bei den Aus-

Digitized by Google

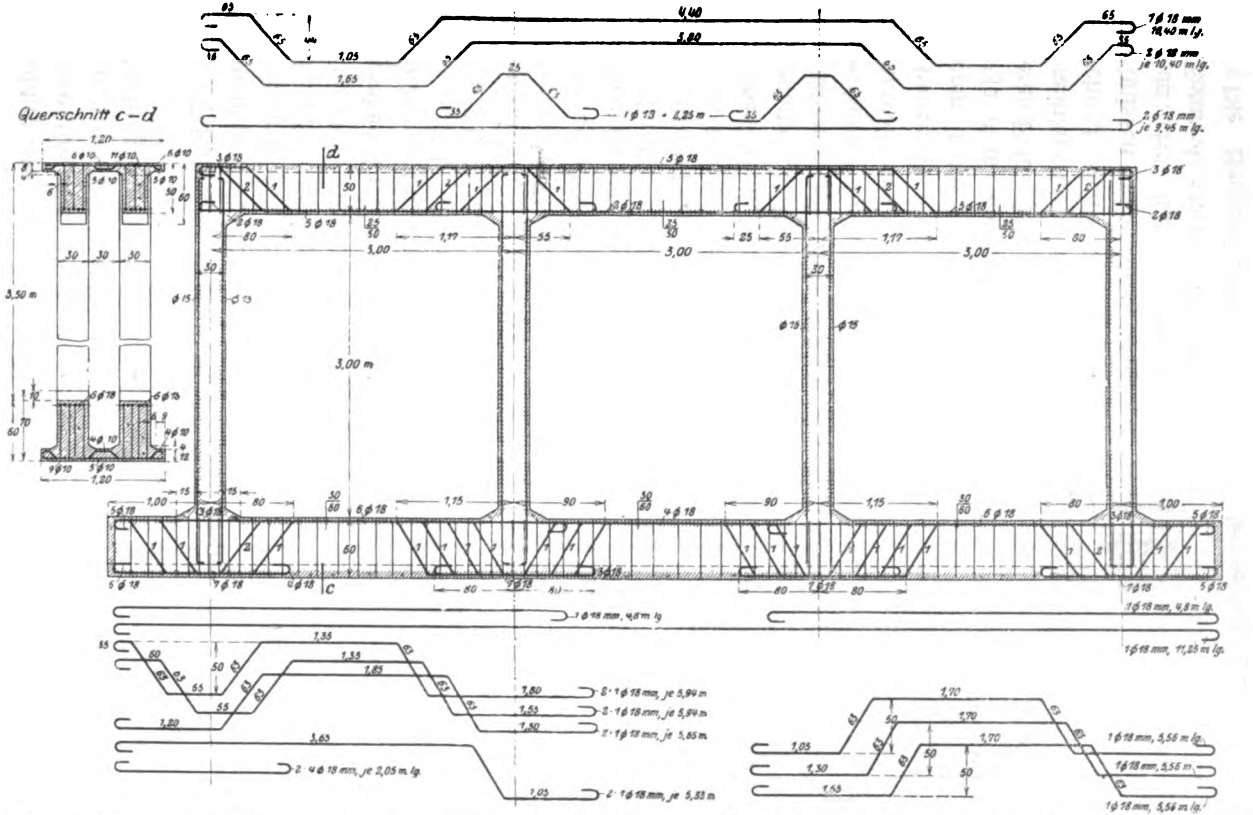


Fig. 3a. Abmessungen und Eiseneinlagen bei Objekt IIIa. Träger mit 4 Eisenbetonstützen fest verbunden; Belastung wie bei Objekt III.

Digitized by Google

führungen der Eisenbetonbauten in Dresden und Umgebung zur Anwendung kommt. Bei allen Objekten wurden ferner 7 mm Bügel in Abständen von 10 cm über den Auflagern bis zu 50 cm in der Feldmitte angeordnet.

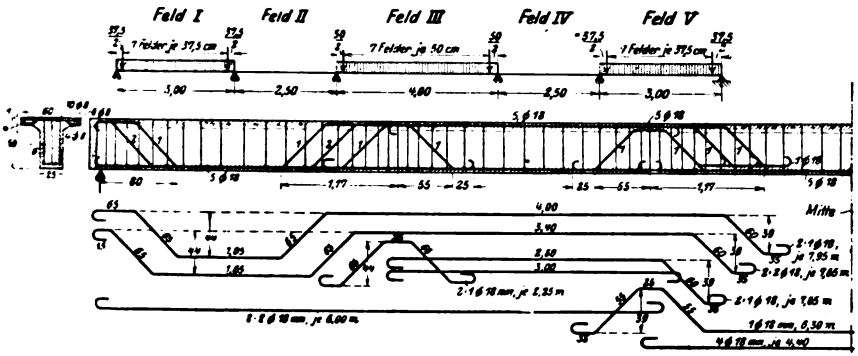


Fig. 4. Abmessungen und Eiseneinlagen bei Objekt IV. Träger über 6 Stützen (Belastungsangabe.)

Die Lagerung wurde bei allen Objekten mit Ausnahme von Objekt III derart gewählt, daß ein Lager fest und die anderen beweglich waren. Bei der ersten Reihe der Versuche wurde als Widerlager gewöhnliches Mauerwerk verwendet. Nach den schlechten Erfahrungen, die man aber damit gemacht hat, ging man bei der zweiten Versuchsserie auf Betonwiderlager über. Die Messungen, die zur Ermittlung der Nachgiebigkeit der Widerlager ausgeführt wurden, zeigten dann auch bei der zweiten Anordnung befriedigende Ergebnisse.

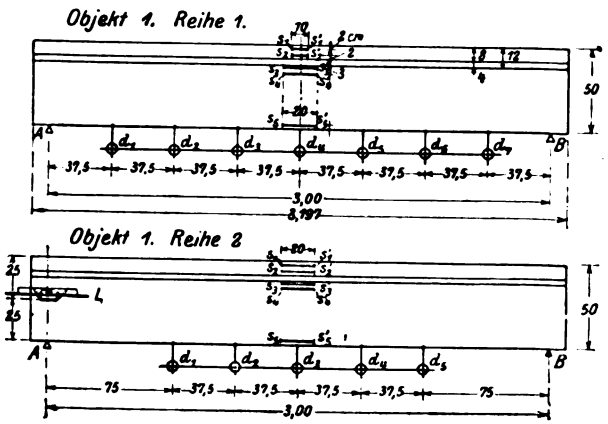


Fig. 5a. Anordnung der Feinmeßapparate bei Objekt I.

Digitized by Google

Bei der Anordnung frei beweglicher Lagerung war es möglich, genauere Berechnungsgrundlagen zu schaffen und so einen zuverlässigeren Vergleich mit den im Eisnbetonbau allgemein verwendeten Lagerungen, wie sie in dem Objekt IIIa zum Ausdruck kommen, zu erhalten.

Zur Erzielung möglichst genauer Aufschlüsse über den Einfluß der Lagerung, über die Formänderung und die maximalen Spannungen wurden Feinmessungen in größerer Zahl vorgenommen.

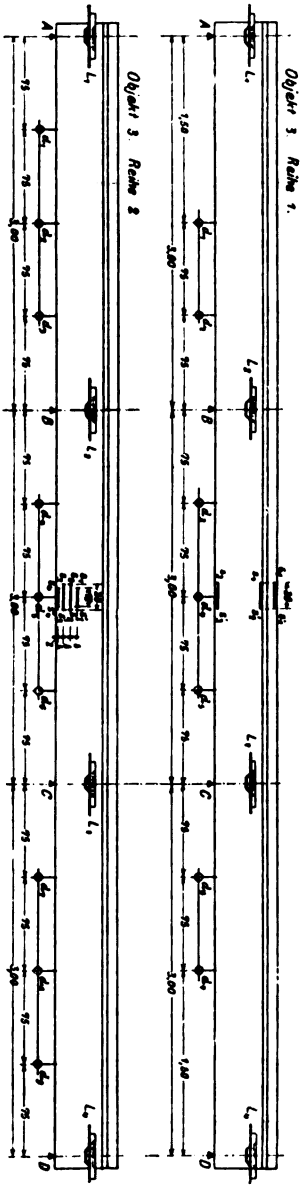


Fig. 5c. Anordnung der Feinmeßapparate bei Objekt III.

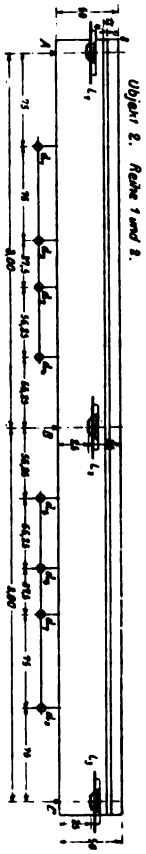


Fig. 5b. Anordnung der Feinmeßapparate bei Objekt II.

Es soll hier darauf hingewiesen werden, daß das Bestreben vorlag, bei diesen Versuchen die Ergebnisse nicht mit Hilfe von allgemein angewandten Berechnungsmethoden sondern direkt aus den Messungen abzuleiten. Zu diesem Zwecke wurden an denjenigen Stellen, wo gleich bleibende Momente auftraten, Spiegelmessungen in verschiedenen Höhen des Querschnittes vorgenommen und aus diesen, nach dem von Doktor Probst schon früher angewandten Verfahren [1]),

[1]) Einfluß der Armatur und der Risse im Beton auf die „Tragsicherheit". Ergebnisse aus den Untersuchungen der Abt. 1 der Kgl. Materialprüfungsanstalt in Groß-Lichterfelde-West, bearbeitet und besprochen von E. Probst, Verlag J. Springer, Berlin.

Digitized by Google

die Zug- und Druckspannungen im Beton und die Zugspannungen im Eisen unter Heranziehung der Ergebnisse der Elastizitätsmessungen ermittelt.

Zur Bestimmung der Formänderungszahlen wurden Elastizitätsmessungen an Betonprismen auf Zug und Druck in bekannter Weise ausgeführt, und zur Ermittlung der Festigkeit des Betons wurde eine größere Anzahl von Druck- und Biegeversuchen an

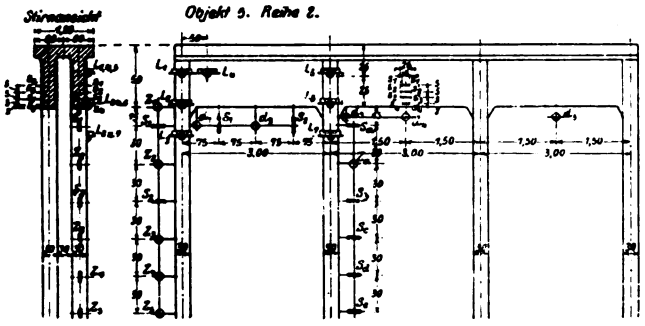


Fig. 5d. Anordnung der Feinmeßapparate bei Objekt IIIa.

20 und 30 cm Würfeln und Prismen von den Dimensionen $12 \times 12 \times 36$ vorgenommen, über welche im Kapitel über die Vorversuche berichtet wird.

Zur Bestimmung des Grades der Einspannung dienten nicht nur die Messungen der Durchbiegungen an verschiedenen Stellen, sondern auch die Ermittlung der Verdrehung der Balkenachse an

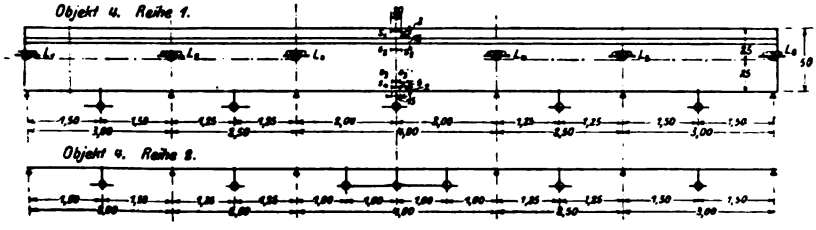


Fig. 5e. Anordnung der Feinmeßapparate bei Objekt IV. (Längendimensionen sind hier wegen der großen Ausdehnung des Objektes verzerrt dargestellt.)

den Auflagern. Diese Messungen wurden mit Hilfe von Libellen ausgeführt, die ungefähr in der Höhe der zu erwartenden Nullinie angebracht waren; die Winkeländerungen konnten bis auf zweizehntel Sekunden geschätzt werden.

Digitized by Google

Schließlich wurden die seitlichen Ausbiegungen der Stützen bei Objekt IIIa mit Hilfe von Zeiger- und Schieberapparaten gemessen. Die Anordnung der Apparate und Spiegel für die Fein-

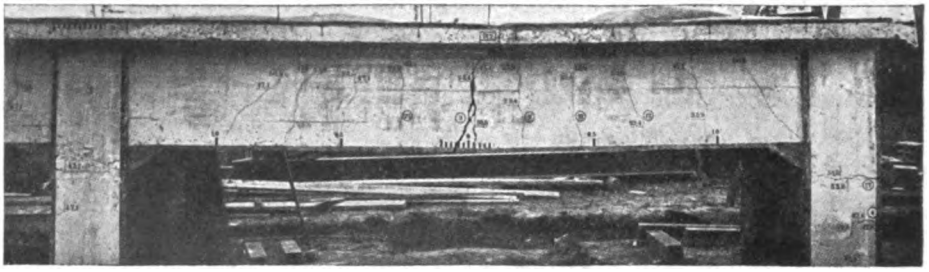


Fig. 6. Objekt IIIa. Träger über 3 Feldern mit fest verbundenen Stützen.

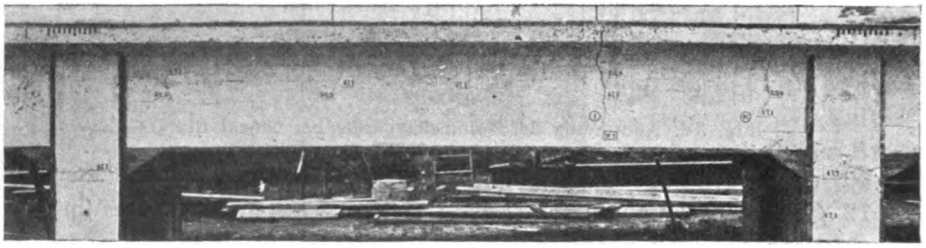


Fig. 6a. Linkes Endfeld.

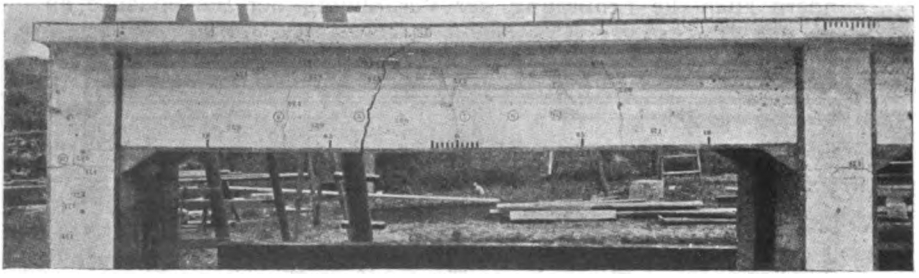


Fig. 6b. Mittelfeld.

messungen sind aus Figur 5a—e ersichtlich. (L = Libelle, s = Spiegelapparate, d = Biegungsmesser, S = Schieberapparate.)

Die Ergebnisse der Untersuchungen, welche in Buchform im Verlag Julius Springer in Berlin erschienen sind, lassen sich nicht

Digitized by Google

in kurzen Sätzen zusammenfassen. Zwei typische beistehende Abbildungen (Fig. 6 und 7) zeigen die Ergebnisse an Objekt III a und IV, welche auch zur Illustration des wichtigsten Ergebnisses dienen, dahin lautend:

Im Falle frei drehbarer und verschiebbarer Lagerung folgen Eisenbetonkonstruktionen über mehrere Felder denselben Gesetzen, wie durchlaufende Träger aus homogenem Material mit unveränderlichem Elastizitätsmodul und gleichbleibendem Trägheitsmoment.

Bei Eisenbetonkonstruktionen, die mit den Stützen schon durch die Art der Herstellung fest verbunden sind, ist dies nicht der Fall. Es treten nicht nur größere Einspannungen am Übergang vom Träger zur Stützeauf,welchedie Neigung der Balkenachsebeizunehmen-

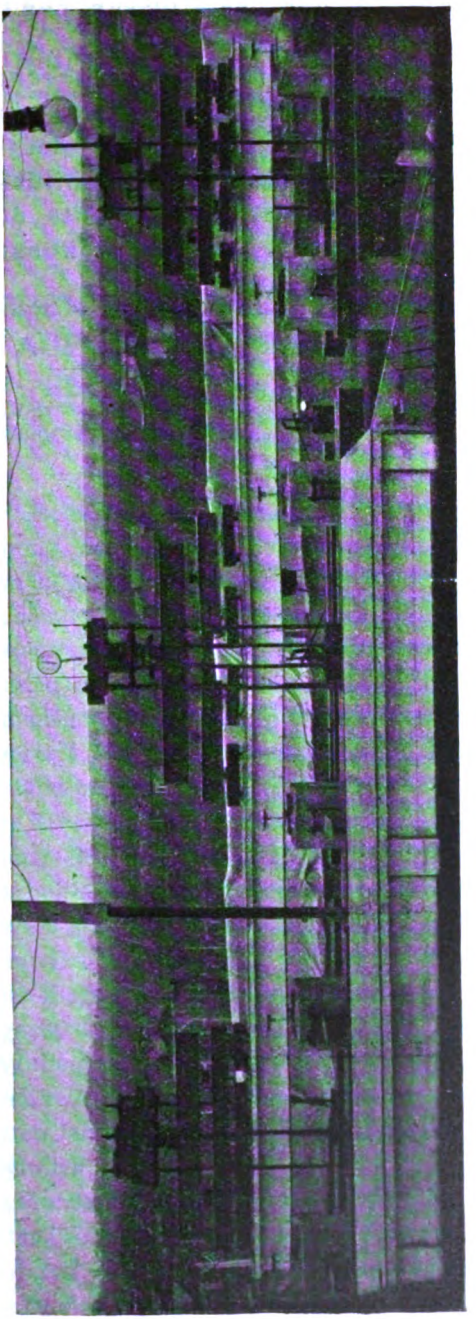


Fig. 7. Objekt IV. T = Träger über 5 ungleichen Feldern. Aufnahme nach dem Bruch.

Digitized by Google

den Belastungen beeinflussen, sondern es entstehen auch in den Stützen Formänderungen. Weitere Folgen sind eine Verdrehung des ursprünglich rechten Winkels zwischen Träger- und Stützachse und eine Durchbiegung der Stützen, und es zeigt sich deutlich eine *rahmenartige* Wirkung eines derartigen Gebildes. Die in den Stützen auftretenden Biegungsmomente dürfen jedenfalls beim Entwurf ähnlicher Eisenbetonkonstruktionen nicht unberücksichtigt bleiben.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XII$_4$

VERHÄLTNIS ZWISCHEN DER FESTIGKEIT UND DER ELASTIZITÄT DES AUF DRUCK BEANSPRUCHTEN BETONS.

Von Professor **F. Schüle** in Zürich.

Beim Studium der Eisenbetonkonstruktionen ist man darauf bedacht, die Beanspruchung des Metalls und des Betons unter bekannten Belastungen zu bestimmen und einen genau definierten Sicherheitsgrad gegen Bruch zu erhalten. Die Spannungen des Metalls und des Betons erfordern zu ihrer Berechnung eine genügende Kenntnis der elastischen Eigenschaften dieser Materialien. Zur Bestimmung des Sicherheitsgrades ist die Kenntnis der Bruchfestigkeit des Metalles sowie des Betons vorausgesetzt. Für das Eisen sind diese Festigkeits- und elastischen Eigenschaften bekannt, für den Beton ist dies nicht der Fall. Man kennt ohne Zweifel mit einer genügenden Sicherheit den Druckwiderstand nach 28 Tagen für ein vorgeschriebenes Mischungsverhältnis und bei normalen Bedingungen für Zement, Sand und Kies; auch kennt man genügend den Gang der Formänderung bei steigendem Druck; aber das Verhältnis zwischen der Druckfestigkeit und der Elastizität des Betons in den Grenzen der Beanspruchung der fertiggestellten Konstruktionen wurde bis jetzt noch nicht untersucht. Vorliegende Arbeit hat zum Zwecke, dieses Verhältnis auf Grund zahlreicher Untersuchungen zu bestimmen, welche im Laufe der letzten Jahre im eidgenössischen Laboratorium von Zürich ausgeführt wurden.

Auf Anregung der schweizerischen Kommission für Eisenbeton dienten zur Herstellung der Probekörper aus Beton 25 verschiedene Sorten natürlicher und durch Zerkleinerung erzeugter Sande und Kiese aus den größeren schweizerischen Städten. Die Mischungsver-

Digitized by Google

hältnisse des Betons betrugen 150, 300 und 450 kg Portlandzement auf 1 m³ Sand und Kies, die im Verhältnis von 1 zu 2 gemischt waren. Zwei Parallelreihen von Versuchen wurden ausgeführt, die erste mit einem schweizerischen Portlandzement von 364 kg/cm² mittlerer Festigkeit nach 27 Tagen, die andere mit einem Zement von 300 kg/cm² mittlerer Festigkeit.

Die Probekörper hatten die Form von Prismen von 12×12×36 cm, der Beton wurde in ziemlich plastischem Zustande verarbeitet, um eine zu große Stampfarbeit zu vermeiden. Die Versuche wurden ausgeführt nach 28 und 84 Tagen, 1 und 2 Jahren. Sie bestanden aus Formänderungsmessungen unter steigenden Beanspruchungen, welche in der Längsachse des Prismas in den Grenzen von 3 bis 55 oder 65 kg/cm² Druckbelastung wirkten. Die Verkürzung wurde mittelst eines Spiegelapparates auf eine Länge von 15 cm rechts und links des Prismas gemessen.

Die Festigkeitsversuche bestanden aus Biegeproben, die mit jedem Prisma bei einer Stützenentfernung von 30 cm und bei Konzentrierung der Belastung in der Mitte durchgeführt wurden, und einem doppelten Druckversuch je auf einer Hälfte des Prismas, zwischen Stahlplatten von 12 cm Breite.

Die erhaltenen Resultate zeichnen sich nicht durch eine Regelmäßigkeit der Werte jeder einzelnen Serie aus, die diesmal größer als bei vielen anderen Versuchen gewesen ist. Was ihre Eigentümlichkeit ausmacht, ist die gleichzeitige Untersuchung der elastischen und Festigkeitseigenschaften an gleichen Probekörpern, die Verschiedenartigkeit des gebrauchten Materiales und der große Unterschied zwischen den kleinsten Festigkeiten nach 28 Tagen und den größten nach zwei Jahren (58—578 kg/cm² mit Zement A, 34—438 kg/cm² mit Zement B). Die mittleren Druckfestigkeiten sind in folgender Tabelle, nach Art des Zements und Alter der Proben im Augenblick des Versuchs, zusammengestellt.

Mischungsverhältnis des Betons auf 1 m³ Sand und Kies	Mittlere Druckfestigkeit kg/cm²							
	Zement A nach				Zement B nach			
	28 Tagen	84 Tagen	1 Jahr	2 Jahren	28 Tagen	84 Tagen	1 Jahr	2 Jahren
150 kg Zement .	116	136	174	189	77	97	131	147
300 „ „ .	233	275	324	344	153	191	235	261
450 „ „ .	286	334	388	416	199	240	293	322

Digitized by Google

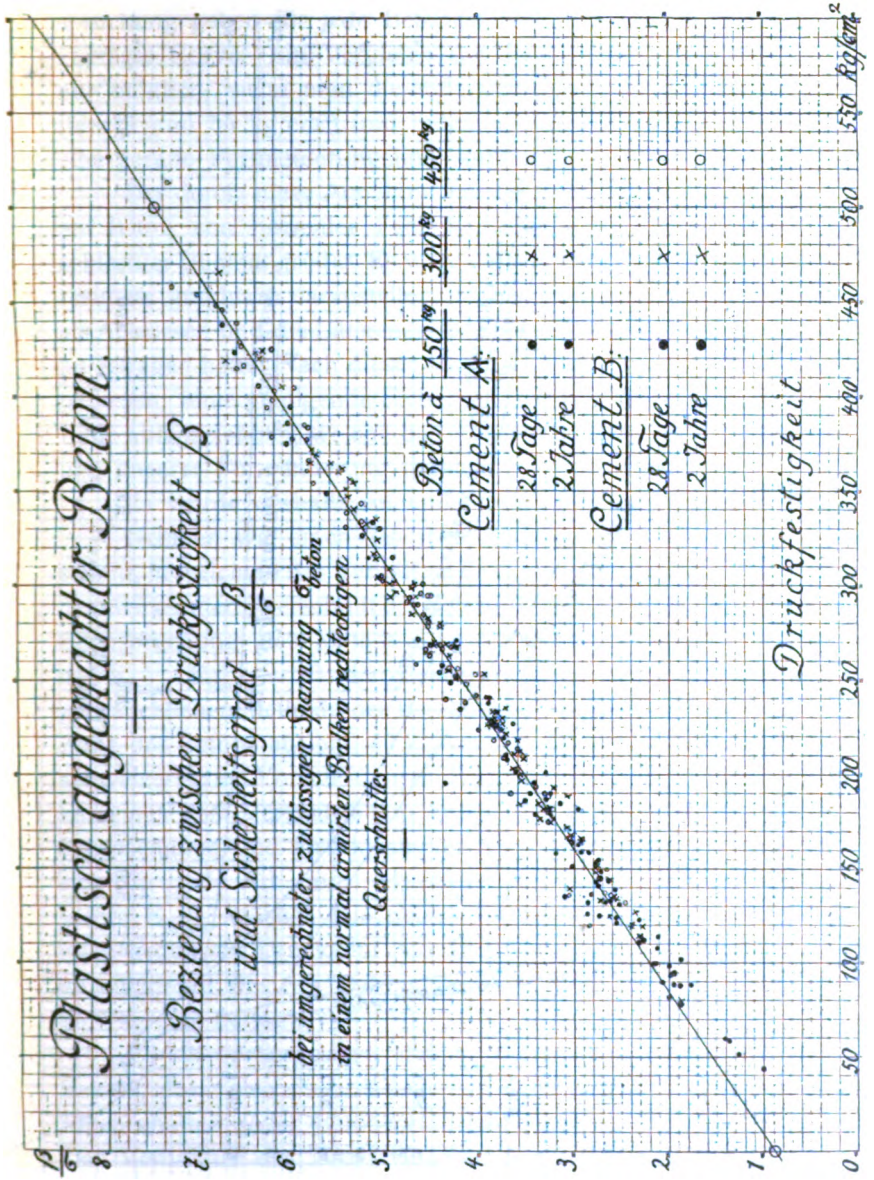


Fig. 1.

Digitized by Google

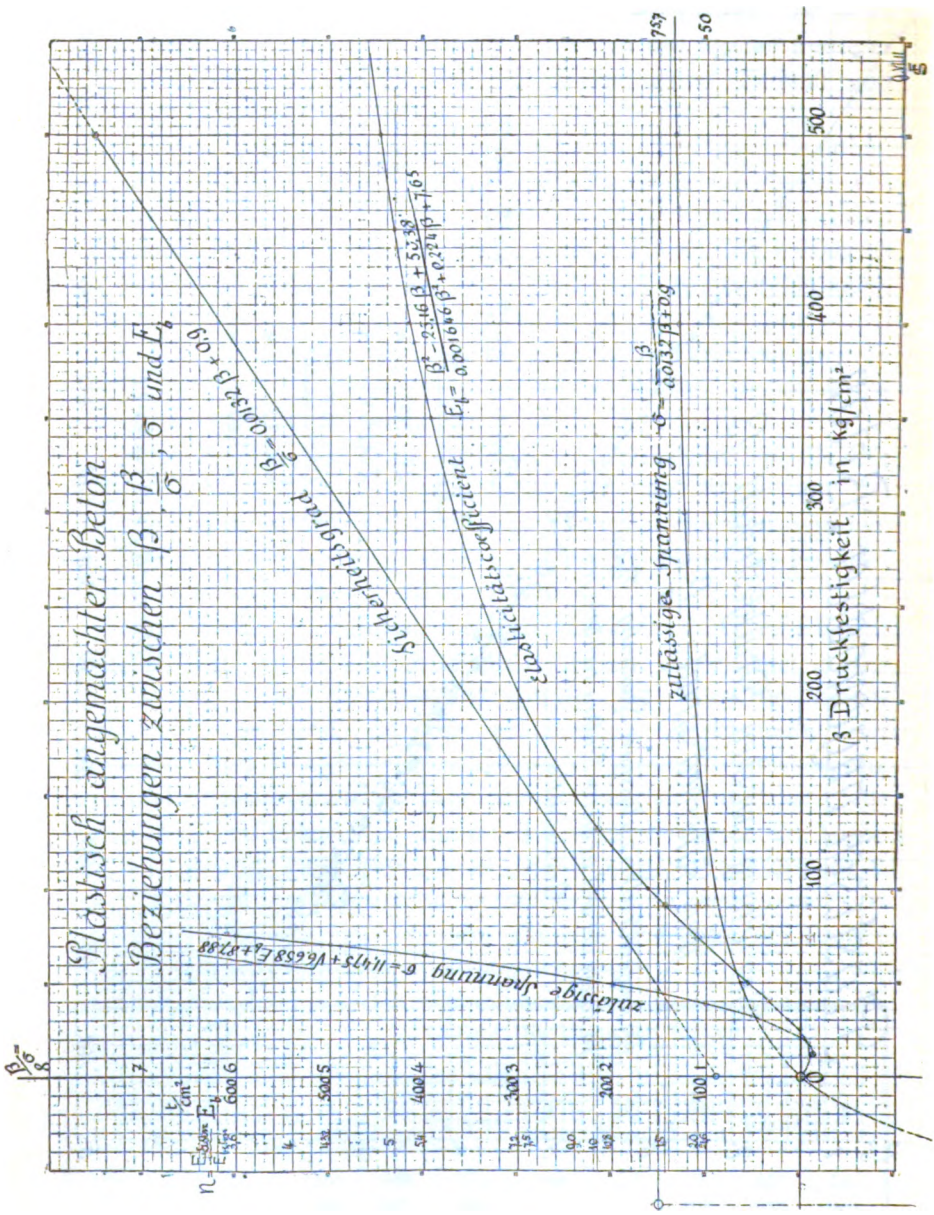


Fig. 2.

Digitized by Google

Die Formänderungsmessungen bei Drücken zwischen 3 und 65 kg/cm² unter einer von 10 zu 10 kg/cm² steigenden Beanspruchung geben für jede Betonart eine mehr oder weniger ausgeprägte Kurve. Ein Vergleich der elastischen Veränderungen ist nur möglich, wenn man die äußersten Spannungsgrenzen bestimmt (hier 3 und 55 kg/cm²) und indem man zwischen diesen Grenzen eine gerade Formänderungslinie annimmt.

Der durch diese Annahme entstehende Fehler ist ohne Einfluß auf Beton von normaler Festigkeit; er wird nur bei Beton von schlechter Qualität größer. Es wäre dann leicht gewesen, die Versuchsresultate graphisch darzustellen, indem man die Druckfestigkeiten β als Abszissen und die Längenänderungen für 52 kg/cm² als Ordinaten aufgetragen hätte. Nach dieser Methode wäre es jedoch nur möglich gewesen, ohne genügende Sicherheit und nur empirisch die mittlere Linie aufzuzeichnen, welche das Verhältnis zwischen Druckfestigkeit und linearer Formänderung darstellt.

Es wurde deshalb ein anderer Weg eingeschlagen.

Nehmen wir einen Eisenbetonbalken von rechteckigem Querschnitt, in welchem das Verhältnis des Querschnittes der Armierung zu dem wirksamen Querschnitt des Betons 0·667% beträgt, so daß bei einer Beanspruchung des Metalls von 1200 kg/cm² für ein Verhältnis $n = E_{Eisen} : E_{Beton} = 20$ die Beanspruchung des Betons (nach der gebräuchlichen Methode der Berechnung, welche von der gespannten Zone des Betons absieht) 40 kg/cm² ist. Dieser Balken, welcher den schweizerischen Vorschriften zur Berechnung des Eisenbetons genügt, kann aus dem Versuchsbeton ausgeführt werden, dessen elastische Eigenschaften und Druckfestigkeit man kennt. Der Wert n ändert sich für jede Art und jedes Alter des Betons und wird kleiner, wenn E_{Beton} wächst. Die neutrale Achse verschiebt sich in diesem Falle gegen die Druckzone, die Beanspruchung des Metalles nimmt ab, während die des Betons zunimmt und seine oberste Grenze 75·7 kg/cm² beträgt.

Es sei vorausgesetzt, daß σ_b diese neue Beanspruchung des Betons, d. h. also die zulässige und nach den wirklichen elastischen Eigenschaften jeder Betonsorte richtiggestellte Beanspruchung sei. Das Verhältnis des Druckwiderstandes β und der berichtigten zulässigen Beanspruchung σ_b, $\frac{\beta_b}{\sigma_b}$ gibt einen Vergleichswert des Sicherheitsgrades des Betons von jeder untersuchten Qualität.

Digitized by Google

Trägt man in Fig. 1 die Werte von β_b als Abszissen, die Sicherheitsgrade $\frac{\beta_b}{\sigma_b}$ als Ordinaten auf, so erhält man für die verschiedenen Mischungsverhältnisse, die verschiedenen Sorten Sand und Kies, die beiden Zementarten und das verschiedene Alter im Augenblick des Versuches (in Fig. 1 sind nur die Ergebnisse nach 28 Tagen und nach 2 Jahren enthalten) eine Schar von Punkten, durch die man eine gerade Linie ziehen kann, welche gültig ist zwischen den Grenzen $\beta = 70$ und 500 kg/cm² und deren Gleichung lautet:

$$\frac{\beta_b}{\sigma_b} = 0{\cdot}0132\,\beta + 0{\cdot}9 \qquad 1)$$

In dieser Schar von Punkten erkennt man, daß das Mengenverhältnis, das Alter der Proben oder die Qualität des Materiales noch keinen anderen Einfluß haben als den auf die Druckfestigkeit.

Man kann nun leicht zwei Werte für die richtiggestellte zulässige Beanspruchung σ_b des Betons aufstellen; der eine, welcher ausschließlich von den elastischen Eigenschaften des Betons abhängt, läßt sich durch eine Gleichung des vierten Grades ausdrücken, welche in dem Bereiche ihrer Gültigkeit durch eine Parabel ersetzt werden kann, deren Gleichung lauten würde:

$$\sigma_b = 11{\cdot}475 + \sqrt{6{\cdot}658\,E_b + 87{\cdot}88} \qquad 2)$$

Der andere Wert von σ_b würde von der Gleichung 1 abgeleitet werden und wäre nur von der Druckfestigkeit abhängig:

$$\sigma_b = \frac{\beta}{0{\cdot}0132\,\beta + 0{\cdot}9} \qquad 3)$$

Indem man diese Werte gleichsetzt, erhält man als Beziehung zwischen dem Elastizitätskoeffizienten des Betons (ton/cm²) und der Druckfestigkeit (kg/cm²) die Formel

$$E_b = \frac{\beta^2 - 25{\cdot}16\,\beta + 50{\cdot}38}{0{\cdot}001646\,\beta^2 + 0{\cdot}224\,\beta + 7{\cdot}65} \qquad 4)$$

In Fig. 2 werden die verschiedenen Kurven veranschaulicht.

Die Versuchsergebnisse von denselben Probekörpern stimmen gut mit denjenigen überein, welche durch das vorbenannte Verhältnis

Digitized by Google

gegeben sind. Der große Unterschied bei anderen Versuchsergebnissen kommt daher, daß die Druckfestigkeit an Würfeln, die elastischen Eigenschaften durch Versuche an prismatischen oder zylindrischen Probekörpern aus anderer Betonmasse festgestellt wurden. Es ist in letzterem Falle nutzlos, irgend ein Verhältnis zu suchen.

Das wertvollste Ergebnis dieser Untersuchungen besteht darin, daß sie ein sicheres Mittel liefern zur Feststellung der Formänderungen bestehender Konstruktionen und zur Berechnung der wirklichen Spannungen, welche in dem Eisenbeton auftreten.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XIII1

EINHEITLICHE PRÜFUNG HYDRAULISCHER BINDEMITTEL MITTELST PRISMEN. — NORMALSAND.

Bericht des Obmannes der Kommission 42 Professor **F. Schüle**, Zürich.

---

1. Der Kongreß in Kopenhagen hat unsere Kommission eingeladen, ihre Arbeiten nach dem bisherigen Programm fortzusetzen unter Berücksichtigung der Untersuchungen der ungarischen Kommission und hat die Erwartung ausgesprochen, daß die Kommission bis zum nächsten Kongreß in der Lage sein werde, eine definitive Methode für die Verwendung von plastischem Mörtel bei der Erprobung von Zementen vorzuschlagen.

In Bezug auf die Frage des Normalsandes hat der Kongreß den Wunsch ausgesprochen, daß untersucht werde, ob es nicht möglich wäre, einen internationalen Normalsand einzuführen und wenn das nicht der Fall ist, Versuche zusammenzustellen über den relativen Wert der verschiedenen Sorten Normalsand in den einzelnen Ländern.

Die im Jahre 1907 konstituierte Kommission wurde 1910 ergänzt und ist folgendermaßen zusammengesetzt:

Präsident der Kommission: F. Schüle, Zürich.

Mitglieder: Laboratoire des Ponts et Chaussées, Boulogne s./M. (R. Feret); Laboratoire des Ponts et Chaussées, Paris (A. Mesnager et Mercier); Laboratoire du Conservatoire des Arts et Métiers, Paris (E. Leduc); Königl. Materialprüfungsamt, Groß-Lichterfelde (A. Martens, M. Gary); Laboratorium des Vereines deutscher Portland-Zementfabrikanten, Karlshorst bei Berlin (Doktor Framm); Dr. Aug. Dyckerhoff, Amöneburg; Eidg. Materialprüfungsanstalt Zürich (F. Schüle); Dir. R. Frey, Luterbach; Laboratoire

Digitized by Google

méc à l'institut imp. des voies de communication, St. Pétersbourg (N. Belelubsky, D. Nowgorodsky); Direktor N. Abramoff, Nowotscherkask; Mechanisch-technisches Laboratorium der technischen Hochschule, Wien (B. Kirsch); Prof. A. Czako, D. v. Nagy, C. Zielinski, Budapest; Laboratoire d'essais de l'Etat danois à Copenhague (Mayntz Petersen); Ecole d'applications pour les Ingénieurs, Bologna (S. Canevazzi); Laboratoire des chemins de fer de l'Etat Belge, Malines (E. Camerman); Laboratoire d'essais des MM. Bienfait & Koning, Amsterdam (L. Bienfait); Prof. G. Pfeiffer, Bukarest; H. K. G. Bamber, Kent; Dr. H. Desch, Glasgow; Dr. R. T. Glazebrook, Teddington; C. Watson, Greenhithe; R. L. Humphrey, Philadelphia Pa.

2. Einleitung. Im Juni 1910 wurde den Herren Mitgliedern der Kommission ein Kreisschreiben gesandt, in welchem diejenigen Punkte, welche einem Studium unterworfen werden sollen, präzisiert und die seit Erstattung des Berichtes von Kopenhagen unternommenen Untersuchungen kurz zusammengefaßt wurden, insbesondere diejenigen des Herrn R. Feret, veröffentlicht im Bulletin vom 24. April 1909 der «Réunion des membres français et belges» unseres Verbandes. Antworten auf dieses Kreisschreiben seitens der Herren R. Feret, Boulogne s. M., R. Frey, Luterbach und M. Petersen, Kopenhagen, betrafen besonders die Verbesserung der Prüfungsmethode mittelst Prismen und die Resultate der zu diesem Zwecke unternommenen Versuche. Mehrere Mitglieder haben sich mit dem im Kreisschreiben vorgeschlagenen Programm der Arbeiten einverstanden erklärt. Der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik hat beschlossen, seinen Mitgliedern das Studium der Prüfungsmethode mittelst Prismen zu unterbreiten und es konstituierte sich unter dem Vorsitz des Herrn Prof. Gary ein besonderer Ausschuß zu diesem Zwecke.

Trotz dem in mehreren Ländern für diese Untersuchungen vorhandenen Interesse ist zu konstatieren, daß die Arbeiten nicht rasch genug durchgeführt worden sind, um es möglich zu machen, dem Kongreß eine Resolution vorzulegen, welche in allen Einzelheiten die Prüfungsmethode mittelst Prismen festsetzt; zuerst müßte eine solche Resolution von der Kommission genehmigt werden und es kann dies nur geschehen, wenn über einige streitige Punkte eine Aussprache stattgefunden hat.

Der vorliegende Bericht bezweckt somit den gegenwärtigen Stand der Frage festzustellen und auf Grund des Kreisschreibens

Digitized by Google

vom Juni 1910 die näher zu erörternden Punkte zu bezeichnen, um gleichzeitig die Frage der Prüfungsmethode und diejenige des einheitlichen Normalsandes zu lösen.

Bevor wir auf die einzelnen Teile der Frage eintreten, soll der Zweck der Arbeiten der Kommission in Erinnerung gebracht werden:

Alle von den Konferenzen von Bauschinger und von unserem Verband unternommenen Untersuchungen zur Vereinheitlichung der Festigkeitsprüfungsmethoden der hydraulischen Bindemittel und der Einführung eines internationalen Normalsandes sind erfolglos geblieben; aber sie ließen erkennen, daß die Lösung der Frage des Normalsandes mit derjenigen der Vereinheitlichung der ganzen Methode der Festigkeitsprüfungen verbunden ist.

Die Verschiedenheit der Prüfungsmethoden: mit plastischem Mörtel in einzelnen Ländern, mit erdfeucht, maschinell stark eingestampften Mörteln in anderen Ländern führte den Berichterstatter dazu, dem Kongreß in Brüssel zur einheitlichen, vergleichenden Prüfung die Festigkeitsbestimmung mittelst Prismen von 4×4×16 cm aus plastischem Mörtel 1 : 3 vorzuschlagen, welche zuerst auf Biegung, sodann mit den Hälften der Probekörper auf Druck erprobt werden sollen; der Sand, welcher zur Vergleichung der Resultate bei Verwendung anderer Sandsorten dienen soll, wäre der deutsche Normalsand von Freienwalde. Dieser Vorschlag führte in der Zeit zwischen dem Brüsseler und dem Kopenhagener Kongreß zu Untersuchungen, welche gestattet haben, die Prüfungsmethode näher zu präzisieren, indem bei der Prüfung von Portlandzement das Prinzip der konstanten Menge des Anmachwassers für denselben Sand zur Fabrikation des Mörtels 1 : 3 eingeführt und die vorherige Abwägung der zur Erzeugung eines jeden Prisma nötigen Mörtelmenge festgesetzt wurde. Unter diesen Bedingungen wird, was bisher bei Festigkeitsversuchen mit plastischem Mörtel nicht erzielt worden war, dasselbe Raumgewicht aller Probekörper, sowie eine große Gleichmäßigkeit in den einzelnen Festigkeitsresultaten gesichert, sobald der Laborant sich die Praxis der sehr einfachen Handhabung dieser Prüfungsmethode angeeignet hat, wie dies auch bei jedem andern Prüfungsverfahren der Fall sein muß.

3. Vervollkommnung der Prüfungsmethode der Festigkeiten. Über folgende Punkte: das Anmachen des Mörtels von plastischer Konsistenz mit konstanter Wassermenge (10% mit deutschem Normalsand, 11% mit schweizerischem Normalsand),

Digitized by Google

das Gewicht des frischen Mörtels für ein Prisma (572 g mit deutschem Normalsand, 562 g mit schweizerischem Normalsand), das Einlegen der Prismen in Wasser, in der Regel nach 24 Stunden bis unmittelbar vor der Probe, der Vorgang bei der Ausführung der Druckproben, sind keine anderen Vorschläge gemacht worden.

Für die Biegeprobe muß die Seite des Prisma festgestellt werden, auf welche der Druck, der den Bruch herbeiführt, ausgeübt werden soll. Zuerst war hiefür die obere Fläche beim Einstampfen vorgesehen. Herr Feret gab den Vorzug dem Kraftangriff auf einer Seitenfläche beim Einstampfen. Die in der eidg. Materialprüfungsanstalt mit verschiedenen Portlandzementen vorgenommenen Untersuchungen ergaben für die Biegungsfestigkeiten in kg/cm² folgende Werte:

Zement	A			B		C
	7 Tage	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	28 Tage
Einzellast auf die obere Fläche .	35·0	37·6	51·4	39 0	51·3	43·0
„ „ „ untere „ .	31·1	31·1	45 0	38·1	43·0	40·9
„ „ eine Seitenfläche .	35·1	31·8	47·7	39·4	49·2	41·8

Die Ermittlung der mittleren Fehler der Einzelfestigkeiten in % des Mittels hat ergeben für die

Zemente	B		C	B		C
	7 Tage	28 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage	28 Tage
Anzahl der Proben für Berechnung des Mittels	4	4	4	6	6	6
Last auf die obere Fläche % . .	2·0	1·4	0·6	2·2	3·1	1·6
„ „ „ untere „ % . .	2·6	4·2	1·3	2·9	5·5	2·0
„ „ eine Seitenfläche % . .	1·0	0·9	3·2	1·7	1·4	3·2

Zum Vergleich haben die Versuche mit denselben Zementen und maschinell eingestampften Mörteln, $9^1/_2$ und $9^3/_4$% Anmachwasser, bei der Probe auf Zugfestigkeit folgende Mittelfehler ergeben:

% 3·4 2·7 1·4 6·6 4·3 2·7

Digitized by Google

Nach diesen Resultaten besteht kein Zweifel, daß der Versuch mit Kraftangriff auf eine Seitenfläche beim Einstampfen besser sei und in diesem Punkte würde es sich empfehlen, die Methode zu ändern.

H. Feret hat eine Anordnung vorgeschlagen, welche die Biegeprobe unter konstantem Momente auszuführen gestattet. Der Berichterstatter hat den Versuch mit einer konzentrierten Last in der Mitte befürwortet. Die Argumente für und dagegen wurden in dem Berichte für den Kongreß in Kopenhagen mitgeteilt. Zur einheitlichen Feststellung der Art des Versuches auf Biegung empfiehlt es sich, vergleichende Versuche in verschiedenen Laboratorien anzustellen.

Herr Petersen hat zwei Portlandzemente mit deutschem Normalsand und 10% Wasser in der königl. Prüfungsanstalt in Kopenhagen untersucht. Die erzielten Ergebnisse sind die folgenden (Mittel der vier besten Zahlen):

	Zement Nr. 1		Zement Nr. 2	
	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage
	kg/cm²			
unter konzentrierter Last	31·0	33·7	24·7	32·7
unter konstantem Moment . . .	25·4	31·4	22·7	30·2

Mittelfehler in % dieser Festigkeiten:

	Zement Nr. 1		Zement Nr. 2	
	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage
	kg/cm²			
unter konzentrierter Last	1·9	2·4	2·5	0·8
unter konstantem Moment . . .	2·0	5·0	3·3	3·4

Die Festigkeiten unter konstantem Biegungsmoment sind geringer und die Einzelfehler größer. Nach diesen Versuchen wäre die Erprobung mit konzentrierter Last in der Mitte vorzuziehen. Es ist Sache der Kommission, über diese Frage eine Entscheidung vorzuschlagen.

Die Ermittlung der mittleren Festigkeit sollte in der vorgeschlagenen Methode stattfinden unter Berücksichtigung der vier

Digitized by Google

besten Zahlen einer Serie von 6 Versuchen. Herr Frey in Luterbach hat mit Recht hervorgehoben, daß wenn bei erdfeucht, maschinell eingestampftem Mörtel die Streichung der zwei niedrigsten Zahlen ihre Berechtigung hat, da Fehler in der Erzeugung der Körper die Festigkeiten nur abschwächen können, dies nicht zutrifft bei Prismen mit bestimmtem Raumgewicht, bei denen Fehler stattfinden können durch zu starkes oder ungenügendes Einstampfen, sowohl in zu hohen wie in zu niedrigen Ziffern. Daher hat er vorgeschlagen, das Mittel der sechs Resultate einer Serie ohne irgendwelche Streichung als maßgebend anzunehmen. Das Verfahren würde gewinnen, in diesem Sinne abgeändert zu werden.

Die vorerwähnten Resultate und Bemerkungen zeigen, daß die Methode nur unwichtige Änderungen erfordert. Die einzige schwierige Frage betrifft die Feststellung der Anmachwassermenge für jeden Normalsand, sowie des Raumgewichtes der Körper im frischen Mörtel. Hievon wird später die Rede sein (siehe Normalsand).

Die Gleichmäßigkeit der Ergebnisse, welche in Laboratorien erhalten werden, wo dieses Verfahren gewöhnlich geläufig angewendet wird, führte zwei Mitglieder der Kommission, die Herren Feret und Frey dazu, den Vorschlag zu machen, die Erprobung auf drei statt auf sechs Körper pro Serie durchzuführen. Diese Vereinfachung bietet Vorteile für die laufenden Kontrollproben bei der Fabrikation, für die Proben in offiziellen Prüfungsanstalten gewährt die Serie von sechs Probekörper eine höhere Sicherheit der Richtigkeit der gewonnenen Resultate. Dieser Vorschlag bedeutet ein Zeugnis des Vertrauens in das Verfahren.

Die Versuchsergebnisse der Prüfung von Prismen, angemacht mit plastischem Mörtel, sind bisher mit den üblichen Resultaten von erdfeucht und maschinell eingestampftem Mörtel nach 7 und 28 Tagen Wasserlagerung verglichen worden.

Die Versuche von längerer Dauer ergeben die interessante Tatsache einer relativ größeren Erhärtung bei plastischem als bei erdfeucht eingestampftem Mörtel. In nachfolgender Tabelle sind die mittleren Festigkeiten eines schweizerischen Portlandzementes bis 2 Jahre, sowie die Mittelfehler der Einzelresultate angegeben, welche den Vorteil der Prismenmethode erweisen.

Wird die Festigkeit nach 28 Tagen mit **100** bezeichnet, so betragen die Proportionalzahlen (siehe zweite Tabelle):

Digitized by Google

Probe nach	Mittelwerte in kg/cm²				Mittelfehler in %			
	4 Einzelversuche		6 Einzelversuche		4 Einzelversuche		6 Einzelversuche	
	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck	Zug	Druck
I. Erdfeucht eingestampfter Mörtel 1 : 3, Wasser = 10%								
7 Tagen . . .	28·0	271	27·1	264	8·2	2·4	8·1	4·2
28 „ . . .	35·6	366	34·8	359	2·2	2·7	3·7	3·7
84 „ . . .	43·4	451	42·3	447	3·0	0·6	4·5	1·3
210 „ . . .	48·7	549	46·9	537	5·6	2·6	6·4	3·1
1 Jahr . . .	52·8	570	49·7	552	1·5	3·3	8·0	4·7
2 Jahren . . .	52·0	590	50·2	572	5·8	2·5	6·4	4·8
			Im Mittel:		4·4	2·4	6·2	3·6
II. Plastisch angemachter Mörtel 1 : 3, Wasser = 11%								
7 Tagen . . .	17·1	169	16·2	164	1·2	1·7	7·4	4·3
28 „ . . .	22·6	255	22·0	249	3·1	1·6	5·0	3·2
84 „ . . .	29·6	332	28·2	325	3·7	1·3	6·7	3·1
210 „ . . .	36·9	442	36·3	438	1·1	1·4	2·2	1·6
1 Jahr . . .	35·4	441	34·9	434	2·5	2·2	2·9	3·0
2 Jahren . . .	38·1	495	39·0	486	2·9	1·1	5·1	2·4
			Im Mittel:		2·6	1·6	4·9	2·9

	7 Tage	28 Tage	84 Tage	210 Tage	1 Jahr	2 Jahre
Druck						
erdfeuchter Mörtel	74	100	124	150	154	159
plastischer Mörtel (Prismen) . .	66	100	130	176	174	199
Zug						
erdfeuchter Mörtel	78	100	122	135	142	144
plastischer Mörtel (Prismen) . .	74	100	128	165	159	178

Der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik hat vergleichende Festigkeitsversuche an zwei Portlandzementen unternommen nach der üblichen Methode mit erdfeuchtem, maschinell eingestampftem Mörtel 1 : 3, bei Wasserlagerung und

Digitized by Google

bei kombinierter Lagerung (6 Tage unter Wasser, 21 Tage an der Luft) und nach der Prismenmethode mit plastischem Mörtel 1 : 3 bei Wasserlagerung.

Der Bericht des Präsidenten des deutschen Ausschusses, Herrn Prof. Gary, in welchem die in 15 Laboratorien Deutschlands gleichzeitig erzielten Ergebnisse zusammengestellt sind, ist sehr lehrreich und bildet einen wichtigen Beitrag zu dem Studium der erzielbaren Gleichmäßigkeit der Resultate bei Anwendung der gleichen, wohl definierten Prüfungsmethoden in verschiedenen Laboratorien. Bei dem Vergleich dieser Resultate spielt ein Punkt eine wichtige Rolle: es ist die mehr oder weniger lange Praxis in der Anwendung einer jeden Methode in einem Laboratorium. In dieser Beziehung gestatten die Mittel der Einzelfehler zu beurteilen, ob die Übung in der Methode eine genügende ist. Die im Berichte des Herrn Prof. Gary mitgeteilten Zahlen geben an, daß dies noch nicht der Fall ist für die Anwendung der Prismenmethode; eine ungünstige Schlußfolgerung für diese Methode erscheint unter den Bedingungen, bei welchen die Versuche angestellt worden sind, mindestens verfrüht und wäre im Widerspruch mit den Resultaten, welche in Prüfungsanstalten erzielt worden sind, welche diese Proben gut eingeübt haben.

Ich darf wohl hinzufügen, daß Niemand unter denen, welche die Prismenmethode experimentiert haben, auf ihren Wert für die Prüfung von plastischem Mörtel bestehen würde, wenn diese Methode nicht dieselbe Sicherheit der Resultate wie die bekannten üblichen Methoden bieten würde. Es handelt sich im übrigen nicht um Ersetzung der bestehenden Methoden, sondern um Feststellung, durch sukzessive Vervollkommnung, einer einheitlichen Methode für die Prüfung von plastischen Mörteln.

4 Der Normalsand. Die Ermittlung der Festigkeiten mittelst einheitlich aus plastischem Mörtel erzeugten Prismen gestattet nun heute die Frage des relativen Wertes der Festigkeiten mit den einzelnen Normalsandsorten, welche in den verschiedenen Ländern üblich sind, mit mehr Erfolg zu behandeln. Diese Untersuchungen lassen sich allerdings nur mit Portlandzementen durchführen, da für solche allein die Prüfungsmethode hinreichend studiert und festgestellt ist. Es sind dies übrigens die Bindemittel, deren gleichzeitige Erprobung in verschiedenen Ländern die größte Bedeutung besitzt.

Digitized by Google

Zum Vergleich der Ergebnisse ist die Kenntnis derjenigen, welche mit einem einheitlichen Normalsand erhalten werden, erforderlich; der einzige Normalsand von gleichmäßiger Herstellung, welcher einer regelmäßigen Kontrolle unterworfen wird und auch leicht zu beziehen ist, ist der deutsche Normalsand, dieser Sand ist als Normalsand-Typus vorgeschlagen worden. Die bisherigen Untersuchungen zeigten, daß das Verhältnis der Festigkeiten mit zwei verschiedenen Sandsorten nicht ganz konstant ist, sondern von einem Zement zum andern sich etwas verändert; die vergleichenden Versuche sind daher auf eine genügende Serie von Portlandzementen auszudehnen, um einen guten Durchschnitt des Verhältnisses der Festigkeiten zu erhalten.

Für jeden Sand ist die Anmachwassermenge festzustellen, sowie die Stampfarbeit des Mörtels durch Feststellung des Raumgewichtes des frischen Mörtels, welcher eine Abteilung der Form füllt. Diese Angaben lassen sich bestimmen in der Weise, daß mit einem Zement und zwei verschiedenen Sandsorten annähernd die gleichen Festigkeiten erhalten werden, oder was eher vorzuziehen ist, in der Weise, daß alle Portlandzemente von verschiedener Mahlungsfeinheit und Qualität mit Leichtigkeit behandelt werden können. Diese letztere Bedingung erscheint wichtiger als wie das Trachten nach denselben Festigkeiten mit verschiedenen Sandsorten. Die Erprobung einer Serie von Portlandzement in jedem Lande, ausgeführt nach der bisherigen für die Kontrolle der Zemente üblichen Methode, wird gleichzeitig mit der Erprobung mittelst Prismen und deutschem Normalsand, sowie mit Prismen mit Normalsand des betreffenden Landes alle nötigen Angaben liefern zur Lösung der Frage der einheitlichen Prüfungsmethode und derjenigen des Normalsandes.

Wir geben hier eine Zusammenfassung der bisher unternommenen Untersuchungen, welche dem Berichterstatter angezeigt worden sind:

Die Wassermengen und die Raumgewichte des frischen Mörtels, welche in dem dem Kongreß in Kopenhagen vorgelegten Berichte empfohlen wurden, sind pro Prisma in Gramm

	Sand	Zement	Wasser	Total	Raumgewicht
deutscher Normalsand	390	130	52 (10%)	572	2·234
französischer „	395	131·66	52·66 (10%)	579·3	2·263
schweizer. „	380	126·66	55·66 (11%)	562·3	2·196

Digitized by Google

I. Versuche, welche in der Schweiz im März 1909 mit 12 Zementen und schweizerischem Normalsand in zwei Laboratorien (Zürich Z und Luterbach L) und mit deutschem Normalsand in Zürich ausgeführt worden sind, ergaben folgende mittlere Resultate:

Versuche mittelst Prismen 1 : 3.

	Mittleres Raumgewicht			Mittlere Festigkeit kg/cm²					
				Biegung			Druck		
	schweizer. Normalsand		deutsch. Normal-	schweizer. Normalsand		deutsch. Normal-	schweizer. Normalsand		deutsch. Normal-
	L	Z	sand	L	Z	sand	L	Z	sand
nach 7 Tagen	2·196	2·198	2·218	27·54	29·85	29·02	141·2	130·0	130·6
„ 28 „	2·208	2·207	2·222	38·59	41·44	39 60	210·6	210·8	213·6

Der übliche Versuch mit schweizerischem Normalsand und maschinell eingestampftem Mörtel mit $9^1/_2{}^0/_0$ Wasser im Mittel, ergab als Mittelwerte:

	Zugfestigkeit	Raumgewicht	Druck-festigkeit	Raumgewicht
nach 7 Tagen . . .	24·76 kg/cm²	2·40 kg/dm³	258·0 kg/cm²	2·39 kg/dm³
nach 28 Tagen . . .	32·9 „	2·41 „	361·8 „	2·40 „

Die Proportionalwerte der Prismenfestigkeiten gegenüber den Normenfestigkeiten, dargestellt durch die Zahl 100, betragen:

	Biegungsfestigkeit		Druckfestigkeit	
nach 7 Tagen . . .	111	121	54·5	50·3
nach 28 Tagen . . .	117	126	58	58

II. Herr Feret hat die drei Mörteltypen mit deutschem (A), französischem (F) und schweizerischem Normalsand (S), welche weiter oben spezifiziert sind, mit vier verschiedenen Zementen untersucht.

A. Portlandzement mit $25^0/_0$ Rückstand am 4900-Maschensieb und $22^0/_0$ Normalwassermenge für die Normalkonsistenz des Breies (6 mm, welche vom Tetmajerschen Zylinder nicht durchsetzt werden).

Digitized by Google

Zement	Alter Tage	Biegung unter konstantem Moment						Druck					
		Festigkeiten Sand			Proportionalzahlen Sand			Festigkeiten Sand			Proportionalzahlen Sand		
		A	F	S	A	F	S	A	F	S	A	F	S
A	7	19·6	20·95	—	100	107	—	100·2	103·2	—	100	103	—
	28	31·75	33·8	34·6	100	106	109	191·9	162·5	166·8	100	85	87
B	7	—	13·8	—	—	—	—	—	64·0	—	—	—	—
	28	—	23·6	22·8	—	—	—	—	101·8	86·9	—	—	—
C	7	17·4	20·9	—	100	120	—	88·6	99·2	—	100	112	—
	28	25·6	31·0	26·9	100	121	105	130·1	135·2	110·2	100	104	85
D	7	9·0	7·1	—	100	79	—	35·1	39·2	—	100	112	—
	28	16·4	12·7	13·9	100	78	85	66·1	55·9	62·4	100	84	94

Digitized by Google

B. Portlandzement mit 41·5% Rückstand und 22% Wasser für die Normalkonsistenz.

C. Portlandzement mit 25% Rückstand und 25% Wasser für die Normalkonsistenz.

D. Spezial-Raschbinder mit 19% Rückstand und 34% Wasser für die Normalkonsistenz.

Mit den Zementen C und D, deren spezifisches Gewicht in der Nähe von 3·00 lag, genügt ein leichtes Einstampfen, um die ganze Mörtelmasse in die Form zu bringen. Mit Zement A und B, deren spezifisches Gewicht annähernd 3·12 betrug, war ein ziemlich starkes Einstampfen notwendig. Bei Zement B hafteten die Mörtel mit deutschem Normalsand an der Form und die Prismenflächen sind bei der Entnahme aus der Form leicht beschädigt worden. Die betreffenden Festigkeiten sind also zu schwach und wurden in der Tabelle nicht aufgenommen.

Die angegebenen Ziffern sind Mittel aus den vier besten Einzelwerten.

Herr Feret bemerkt, daß die Unterschiede in den Resultaten mit den drei Sandsorten in der Hauptsache ihren Grund haben in der ungleichen Dichte der Mörtel. Wird angenommen, daß die relativen Werte, der Druckfestigkeiten proportional dem Ausdrucke $\left(\frac{c}{1-s}\right)^2$ sind, d. h. dem Ausdrucke, der durch seine früheren Arbeiten mit plastischem Mörtel wohl bekannt ist, so erhält man durch Annahme eines konstanten spezifischen Gewichtes des Sandes von 2·65 und der Bezeichnung des spezifischen Gewichtes des Zementes mit δ, daß die Festigkeiten in dem Verhältnis wären:

$\frac{1}{\delta^2}$. 1·427 für den deutschen Normalsand oder 100

$\frac{1}{\delta^2}$. 1·516 für den französischen Normalsand oder 106

$\frac{1}{\delta^2}$. 1·265 für den schweizerischen Normalsand oder 89.

Herr Feret spricht den Gedanken aus, es ließen sich vielleicht bessere Resultate erzielen, wenn es möglich wäre, Mörtel zu erzeugen, in welchem die Werte c und s (absolutes Volumen von Zement und Sand in der Volumeneinheit) dieselben wären für alle Sandsorten.

III. Die in Zürich unternommenen Versuche beziehen sich auf das Studium des russischen Normalsandes, welcher von Herrn

Digitized by Google

Prof. Belelubsky geliefert wurde. Dieser Sand besteht aus zwei Korngrößen, in gleichen Gewichtsteilen durchmengt. Nach einigen Vorversuchen wurde die geeignete Anmachwassermenge für den plastischen Mörtel zu $10^1/_2\%$ und das Gewicht des frischen Mörtels pro Prisma zu 572 Gramm festgestellt, entsprechend einem Raumgewichte von 2·234.

Die Versuche mit deutschem und schweizerischem Sand und einem Portlandzement, dessen Festigkeiten nach der üblichen schweizerischen Methode ermittelt, folgende waren:

	nach 7 Tagen	nach 28 Tagen
Zugfestigkeit	26·8 kg/cm²	35·3 kg/cm²
Druckfestigkeit	279·5 „	409·0 „

ergaben mit Prismen die folgenden Werte in kg/cm²:

	Biegungsfestigkeit		Druckfestigkeit	
	nach 7 Tagen	nach 28 Tagen	nach 7 Tagen	nach 28 Tagen
mit deutsch. Normalsand	36·8 (100)	49·8 (100)	210 (100)	322 (100)
mit schweizer. Normalsand	37·3 (102)	52·1 (104)	196 (93)	303 (94)
mit russischem Normalsand	33·5 (91)	44·7 (90)	192 (91)	291 (91)

Die Zahlen in ( ) sind die Proportionalwerte.

Die Mittel der Fehler der einzelnen Festigkeiten in % der mittleren Festigkeit der 6 Probekörper einer Serie betragen:

	deutscher Normalsand		schweizerischer Normalsand		russischer Normalsand	
	nach 7 Tagen	nach 28 Tagen	nach 7 Tagen	nach 28 Tagen	nach 7 Tagen	nach 28 Tagen
Biegung . .	1·6	1·6	3·2	2·6	2·7	3·6
Druck . . .	2·1	1·5	2·0	0·8	1·4	2·0

Digitized by Google

Der Berichterstatter erachtet die Frage des Normalsandes durch die vorherigen Mitteilungen als gelöst. Einem oder mehreren Laboratorien in jedem Lande gehört es, nach Aneignung der notwendigen Praxis in der Prismenmethode, deren Kriterium die Regelmäßigkeit der Resultate ist, dieses Verfahren zum Studium des eigenen Normalsandes anzuwenden und die erzielten Ergebnisse in Proportionalzahlen auszudrücken, wobei die Zahlen mit dem deutschen Normalsand als Einheit dienen. Die Zusammenstellung der erhaltenen Ergebnisse mit Angabe der Natur des Sandes, seines spezifischen Gewichtes, des Gewichtes in trockenem Zustande, der konstanten Anmachwassermenge, welche sich am besten eignet (zwischen 10 und 11%), des Gewichtes des für ein Prisma zu verwendenden frischen Mörtels (zwischen 562—580 g) oder des Raumgewichtes der Prismen im frischen Zustande, wird eine umso interessantere Tabelle ergeben, da jedes Land zu ihrer Aufstellung mitgewirkt haben wird. Diese Untersuchung hätte den eminenten Vorteil, allen in unserem Verband vertretenen Ländern eine Gelegenheit zu bieten, sich über eine Prüfungsmethode der Festigkeiten der Zemente zu verständigen.

Als Resolution schlage ich vor, in jedem Land ein Prüfungslaboratorium einzuladen, an dem Studium der Frage des Normalsandes mitzuwirken durch gleichzeitige Untersuchung des eigenen Normalsandes im Vergleich mit dem deutschen Normalsand nach den gegebenen Anleitungen.

5. Experimentelle Untersuchung der Methode der ungarischen Kommission, besonders mit Rücksicht auf die Feststellung der geeigneten Anmachwassermenge für die Prüfung der hydraulischen Bindemittel verschiedener Art.

Es wäre von Nutzen, auch für die hydraulischen Kalke und gewisse Romanzemente eine Methode zu besitzen, welche die Prüfung irgendeines hydraulischen Bindemittels als plastischen Mörtel gestatten würde, wobei je nach der Art desselben die Wassermenge in einheitlicher Weise verändert würde.

Aus den zahlreichen Versuchen der ungarischen Kommission scheint hervorzugehen, daß die Druckfestigkeit nicht von der Art der Erzeugung und des Einstampfens des Mörtels abhängig ist, wenn nur das vorgeschriebene Raumgewicht erreicht wird. Wenn

Digitized by Google

diese Ergebnisse bestätigt werden, so würde es genügen, eine Skala der bei plastischem Mörtel zu erzielenden Raumgewichte für die Normenprobe der hydraulischen Bindemittel in Beziehung mit dem spezifischen Gewicht des Bindemittels aufzustellen. Diese Untersuchungen würden dazu dienen, nachzuforschen, ob die Lösung der Aufgabe nicht einfacher wäre durch Anwendung des von Herrn Feret vorgeschlagenen Verhältnisses, nach welchem die Druckfestigkeit dem Ausdruck $\left(\frac{c}{1-s}\right)^2$ proportional ist.

Hierüber schreibt Herr Feret, man müßte sich bemühen, eine Formel zu finden, welche es unnötig macht, die Bindemittel nach ihren üblichen, oft willkürlichen und unbestimmten Benennungen zu unterscheiden.

Er glaubt, die Forscher vor einer der wichtigsten Schlußfolgerungen der ungarischen Kommission zu warnen, nach welcher die Druckfestigkeit unabhängig von der Art der Erzeugung und des Einstampfens des Mörtels wäre, wenn nur das gewünschte Raumgewicht erreicht wird. Aus dem in seiner Mitteilung vom 24. April 1909 angegebenen Ergebnis scheint im Gegenteil hervorzugehen, daß Prismen, welche beim Bruche gleichviel Gewicht mit demselben Zement, Sand und Wasser enthalten, nicht immer gleiche Festigkeit aufweisen; letztere kann umso stärker ausfallen, je größer die Stampfarbeit, welche beim Beginn des Füllens der Formen mit vorher bestimmter Mörtelmenge gewesen ist, infolge von Unterschieden, sei es in der verwendeten Anmachwassermenge oder in der Natur oder Korngröße des Sandes.

Der Berichterstatter erhielt über diese Frage keine weiteren Mitteilungen; ihre Lösung scheint Vorversuche zu verlangen, deren Initiative den einzelnen Forschern überlassen werden soll.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XIII$_2$

PRÜFUNG DER FESTIGKEIT UNTER BENUTZUNG VON PRISMEN, HERGESTELLT AUS PLASTISCHEM MÖRTEL.

Von Prof. **M. Gary**, Groß-Lichterfelde-West.

(Beitrag zur Aufgabe 42.)

Der V. Kongreß des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik in Kopenhagen 1909 hat die Kommission „42" des Internationalen Verbandes (Obmann Professor F. Schüle in Zürich) beauftragt, bis zum nächsten Kongreß ein endgültiges Verfahren für die Verwendung von plastischem Mörtel bei der Prüfung von Zement vorzuschlagen. Der Obmann der Kommission hat sich im Juni 1910 in einem Rundschreiben an die Mitglieder gewendet, in dem er unter anderem Versuche in Vorschlag brachte „zur Verbesserung des Verfahrens für die Festigkeitsprüfung mit Prismen aus plastischem Mörtel" und außerdem die Anwendung der Prismenmethode auf die in verschiedenen Ländern üblichen Normensande empfahl. Das einzuschlagende Prüfungsverfahren ist in dem Rundschreiben genau vorgeschrieben; hervorgehoben wird, daß die maßgebende Festigkeit als arithmetisches Mittel aus den 4 besten Zahlen einer Reihe von 6 Körpern erhalten werden soll. Herr Féret-Boulogne hat einige Abänderungen des Verfahrens in Vorschlag gebracht und eigene Versuche angestellt, deren Ergebnisse in dem Sitzungsbericht der französischen und belgischen Mitglieder des Verbandes vom 24. April 1909 veröffentlicht worden sind.

Die deutschen Mitglieder des „Internationalen Verbandes" haben gegenüber den Vorschlägen der Zementprüfung unter Zugrundelegung plastischer Mörtel von vornherein einen ablehnenden Stand-

Digitized by Google

punkt eingenommen; sie stützen sich auf alte Erfahrungen und haben die Meinung vertreten, daß Deutschland ein vollkommen ausgebildetes Prüfungsverfahren der hydraulischen Bindemittel besitzt, welches die Mängel der Prüfung mit plastischen Mörteln nicht aufweist und daß aus diesem Grunde weder für die deutsche Zementindustrie, noch für die deutschen Verbraucher Veranlassung vorliegt, von den alten bewährten Verfahren zugunsten anderer, bisher in solchem Umfange noch nicht erprobter Verfahren abzugehen.

Bereits im Jahre 1902 wurden in der Königlichen Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt in Charlottenburg[1]) Versuche mit plastischen Mörteln angestellt, die auf eine Anregung der damaligen Kommission „22" des Internationalen Verbandes zurückzuführen waren. Die Absicht auch dieser, unter der Obmannschaft von Exzellenz Belelubsky arbeitenden Kommission war die Vereinheitlichung der Zement-Prüfungsverfahren auf internationaler Grundlage „unter Berücksichtigung der Verhältnisse der Praxis" bei der Prüfung der hydraulischen Bindemittel. Damals wurden zwei Fragen gestellt:

1. Stehen die mit plastischen Mörteln gefundenen Prüfungsergebnisse in gesetzmäßigen Beziehungen zu den Ergebnissen, die mit erdfeucht eingerammten Mörteln gefunden werden und bejahenden Falles, wie sind diese Beziehungen?

2. Wie groß sind die Schwankungen zwischen den Einzelwerten jeder Versuchsreihe bei plastischen Mörteln im Vergleich zu den erdfeucht eingerammten Mörteln, d. h. mit welchem Grade der Unsicherheit ist das Prüfungsverfahren behaftet?[2])

Die Versuche, die sich auf die damals allein üblichen Zug- und Druckproben aus reinem Zement und Normenmörtel unter Verwendung von deutschem Normalsand erstreckten, haben einwandfrei folgendes ergeben:

1. Der Einfluß des höheren Wassergehaltes und der Formungsart ist nicht bei allen Zementen derselbe; ein allgemein üblicher Koeffizient, der die Umrechnung der nach dem neuen Verfahren gefundenen Werte zum Zwecke des Vergleichs mit den Ergebnissen

[1]) Jetzt Königliches Materialprüfungsamt Groß-Lichterfelde. Vergleiche „Mitteilungen 1905", Seite 81.

[2]) Vergleiche Martens: Über den Zuverlässigkeitsgrad von Festigkeitsversuchen. Mitteilungen 1911. Heft 5 und 6 und Beilage XX zum VI. Kongreß.

Digitized by Google

früherer Versuche mit erdfeucht eingerammten Proben ermöglicht, läßt sich nicht aufstellen. Man müßte also, wenn man diese Herstellungsart der Proben für die normenmäßige Prüfung der Portlandzemente einführen wollte, auf jeden Vergleich mit früheren Normenproben verzichten.

2. Die Zuverlässigkeit der Normenmörtelprüfung unter Verwendung plastischer Mörtel ist wesentlich geringer, als die der Festigkeitswerte der Mörtelproben, welche erdfeucht eingestampft wurden.

Da die Ergebnisse dieser Versuche sich mit den Erfahrungen deckten, welche vor etwa 40 Jahren bereits Dr. W. Michaelis bei Ausführung der einleitenden Arbeiten zur Gewinnung von Normenvorschriften zur Prüfung von hydraulischen Bindemitteln bekannt gegeben hat und welche damals dazu führten, den Zementmörtel für die Prüfungen erdfeucht einzurammen, lag für die deutschen Mitglieder des Internationalen Verbandes keine Veranlassung vor, die Angelegenheit weiter zu verfolgen. Nachdem nun aber im Jahre 1910 die Herren Professor F. Schüle und Féret die Frage neu aufgegriffen haben und nunmehr in Vorschlag bringen, an Stelle der alten Zug- und Druckproben stabförmige Körper zu verwenden, die auf Biegefestigkeit und Druckfestigkeit der abgebrochenen Enden der Stähle geprüft werden sollen, hat der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik einen besonderen Ausschuß „14“ mit der Neubearbeitung der Frage betraut. Dem Ausschuß ist die gesamte Kommission zur Revision der Normen des Vereines deutscher Portlandzementfabrikanten (Obmann Dr. Aug. Dyckerhoff) beigetreten und sie hat zum Obmann den Professor Gary, Groß-Lichterfelde, gewählt. Der Ausschuß hat beschlossen, zunächst die Frage 1 des Arbeitsprogrammes der Kommission 42 vom Juni 1910 „Verbesserung des Verfahrens für die Festigkeitsprüfungen mit Prismen aus plastischem Mörtel“, zu bearbeiten. Die Arbeiten sind sofort in Angriff genommen und im Jahre 1911 beendet worden. Es sind von 16 Mitgliedern des Ausschusses je 4 Zemente untersucht worden, von denen zwei vom Materialprüfungsamt nach sorgfältiger Mischung als Durchschnittsproben an alle Mitglieder verteilt und von diesen gleichzeitig und gleichartig genau nach Vorschrift Schüle's geprüft wurden. Die beiden anderen Zemente hat jedes Mitglied nach eigener Wahl beschafft und in gleicher Weise geprüft.

Digitized by Google

Die Mittelwerte aus den Untersuchungen der zwei gleichartig geprüften Zemente seien nachstehend mitgeteilt und besprochen. Eine sorgfältigere Auswertung aller Ergebnisse bleibt vorbehalten, da hierfür die bis zur Drucklegung der Berichte des VI. Kongresses zur Verfügung stehende Zeit nicht mehr ausreichte.

Von den beiden Zementen, die an allen Stellen geprüft wurden, war der eine „A" ein normaler Langsambinder, der andere „S" bei der Versendung ziemlich schnell bindend. Er wurde aber während der Lagerung wieder langsam bindend und ist deshalb an einigen Stellen als Schnellbinder, an anderen als Langsambinder geprüft worden. Das muß bei Beurteilung der Versuchsergebnisse berücksichtigt werden. Von den 16 Mitarbeitern an dem Arbeitsplane hatten nur einige genügende Übung in der Herstellung von Zementproben. Mehrere Mitarbeiter waren wenig geübt in der Probenfertigung. Gleichwohl sind deren Ergebnisse in die nachstehende Zusammenstellung der Tabelle 1 und 2 mit aufgenommen worden und nur die Ergebnisse einer Stelle (IX), die in allen Werten so erheblich von den übrigen abwich, daß eine Verwechslung der Zemente vermutet werden muß, ist ausgelassen worden. Die Untersuchungen erstreckten sich auf die Prüfungen nach den neuen deutschen Normen und nach der Anweisung des Herrn Professor Schüle auf eine Mischung von 1 Gewichtsteil Portlandzement und 3 Gewichtsteilen Normensand mit 10% Wasser. Bei Herstellung der Stäbe aus dem plastischen Mörtel wurde besondere Sorgfalt beobachtet. Die Formen und die Einrichtungen für die Prüfung der Stäbe auf Biege- und Druckfestigkeit lieferte freundlicherweise die Maschinenfabrik der Portlandzementwerke Heidelberg-Mannheim zu Heidelberg. Die Mittelwerte, die in Tab. 1 und 2 für die Zemente „A" und „S" enthalten sind, wurden für die Normen-Proben aus 10 Einzelwerten sowie aus den 4 besten dieser Einzelwerte gebildet und für die Proben aus plastischem Mörtel aus 6 Einzelwerten und den 4 besten dieser Werte. In den Figuren 1 bis 8 sind die Mittelwerte nebeneinander zum besseren Vergleich zeichnerisch aufgetragen. Man ersieht zunächst, daß durch ausschließliche Verwendung der 4 besten Werte die mittleren Festigkeitszahlen zwar höher, aber nicht sicherer werden, als die Mittel aus 10 Einzelwerten, besonders nicht an den Stellen, die ohnehin so gut arbeiten, wie es gefordert werden muß. Für die anderen Stellen, denen es nicht gelingt, bei Herstellung der Proben die wünschenswerte Gleichmäßigkeit zu

Digitized by Google

Tabelle 1.

Zement „A“.

Mittelwerte von 15 Prüfstellen.

Prüfstelle	Normenwasserlagerung				Normen-Luftwasserlagerung		Wasserlagerung plastischer Mörtel			
	erdfeucht gestampfte Proben									
	7 Tage alt		28 Tage alt		28 Tage alt		7 Tage alt		28 Tage alt	
	Mittel aus allen Werten	Mittel aus den 4 besten Werten	Mittel aus allen Werten	Mittel aus den 4 besten Werten	Mittel aus allen Werten	Mittel aus den 4 besten Werten	Mittel aus allen Werten	Mittel aus den 4 besten Werten	Mittel aus allen Werten	Mittel aus den 4 besten Werten
	Zugfestigkeit						Biegefestigkeit			
I	14·7	15·6	21·0	21·4	28·6	30·1	21·3	21·7	28·1	28·7
II	15·8	16·2	22·7	23·3	37·3	37·8	17·5	17·9	23·2	23·5
III	16·9	17·1	23·5	24·0	27·3	27·6	20·3	21·0	29·8	30·4
IV	18·3	19·3	25·0	25·6	34·6	36·5	20·1	20·6	26·8	27·0
V	15·0	15·6	—	—	—	—	16·3	16·9	22·5	23·1
VI	18·2	19·8	22·6	24·0	32·6	34·8	22·5	22·9	32·0	33·2
VII	19·0	19·1	23·9	24·1	23·4	23·7	19·0	19·3	26·5	26·7
VIII	16·2	17·1	22·5	23·5	30·6	31·3	22·9	23·6	31·3	32·1
X	16·9	17·8	19·2	20·7	24·6	26·3	20·0	20·8	27·1	27·7
XI	13·2	13·6	20·2	21·3	28·5	29·3	19·7	20·1	31·8	32·5
XII	17·4	18·4	22·7	23·9	35·5	36·8	20·6	20·8	27·5	28·5
XIII	14·1	15·2	17·9	18·9	18·1	19·2	26·0	26·6	27·5	27·9
XIV	14·5	14·9	19·8	20·5	29·7	31·1	22·1	22·7	31·1	31·8
XV	17·4	18·8	22·1	23·6	30·5	34·0	18·3	18·7	29·0	29·6
XVI	15·1	16·1	20·0	21·3	33·3	36·0	17·9	18·5	23·7	24·3
Mittel	16·2	17·0	21·7	22·6	29·6	31·0	20·3	20·8	27·9	28·5
	Druckfestigkeit									
	an Würfeln bestimmt						an Stabhälften bestimmt			
I	121	122	166	168	206	207	97	101	144	153
II	131	132	170	175	217	222	74	87	114	124
III	121	121	168	169	203	205	76	80	128	135
IV	137	137	185	186	228	229	91	94	126	130
V	127	128	166	167	201	203	69	74	113	119
VI	131	136	162	167	183	198	137	145	185	191
VII	109	—	167	—	160	—	—	—	—	—
VIII	116	120	162	166	188	190	91	99	137	146
X	170	182	177	183	204	209	97	105	138	143
XI	110	114	170	173	208	210	84	90	124	133
XII	128	133	193	203	303	309	95	102	158	184
XIII	(87)	(90)	(107)	(115)	113	116	80	93	105	111
XIV	120	123	167	170	207	211	87	96	132	137
XV	147	151	192	197	228	234	60	74	117	125
XVI	126	128	174	182	220	235	79	91	122	129
Mittel	125	130	168	173	205	213	87	95	132	140

Digitized by Google

Tabelle 2.

Zement „S“.

Mittelwerte von 15 Prüfstellen.

Prüfstelle	Normenwasserlagerung				Normen-Luftwasserlagerung		Wasserlagerung plastischer Mörtel			
	erdfeucht gestampfte Proben									
	7 Tage alt		28 Tage alt		28 Tage alt		7 Tage alt		28 Tage alt	
	Mittel aus allen Werten	Mittel aus den 4 besten Werten	Mittel aus allen Werten	Mittel aus den 4 besten Werten	Mittel aus allen Werten	Mittel aus den 4 besten Werten	Mittel aus allen Werten	Mittel aus den 4 besten Werten	Mittel aus allen Werten	Mittel aus den 4 besten Werten
	Zugfestigkeit						Biegefestigkeit			
I	26·0	27·1	29·7	30·8	43·8	46·1	33·9	34·8	42·9	43·5
II	23·9	24·6	30·0	31·5	43·5	46·0	29·9	30·5	40·9	41·9
III	24·2	24·6	30·4	30·8	39·6	40·5	34·2	35·8	45·6	46·4
IV	27·3	28·5	32·7	34·2	44·2	45·6	31·9	32·7	41·2	41·9
V	—	-	—	—	—	—	28·6	29·2	37·3	38·0
VI	25·8	27·6	29·3	31·0	39·5	42·8	29·0	29·8	41·4	42·0
VII	27·9	27·9	31·5	31·6	35·4	35·6	37·8	38·2	45·0	45·6
VIII	28·2	29·1	31·9	32·9	39·9	41·0	33·5	33·9	45·3	46·1
X	23·9	25·5	28·4	29·7	32·9	34·1	34·7	35·5	45·0	45·8
XI	21·5	22·3	26·8	28·5	41·5	44·5	31·4	33·9	39·6	40·7
XII	25·3	27·1	30·3	32·4	40·4	41·6	34·3	35·1	54·2	55·8
XIII	21·6	22·4	26·4	27·2	25·1	27·0	22·3	22·9	43·0	43·7
XIV	21·5	22·6	27·5	28·3	34·4	35·7	24·9	25·7	42·6	43·2
XV	27·1	29·1	31·2	33·9	39·1	41·1	27·0	27·6	40·2	41·1
XVI	22·9	24·6	28·7	30·6	42·1	44·1	26·8	27·9	35·0	36·4
Mittel	24·8	25·9	29·6	31·0	38·7	40·4	30·6	31·6	42·6	43·5
	Druckfestigkeit									
	an Würfeln bestimmt						an Stabhälften bestimmt			
I	301	302	410	412	468	469	201	216	287	298
II	294	298	422	430	461	469	142	159	235	263
III	287	288	388	391	445	449	180	189	286	299
IV	284	286	407	409	483	486	171	177	275	285
V	309	311	402	408	454	457	145	153	244	254
VI	237	241	308	320	383	396	215	230	295	324
VII	273	—	375	—	373	—	105	—	156	—
VIII	282	290	374	386	415	419	179	187	309	336
X	269	289	362	378	411	432	198	208	300	316
XI	260	269	350	361	397	412	152	171	169	191
XII	289	305	372	396	435	443	212	227	296	318
XIII	173	175	259	262	253	255	147	175	200	228
XIV	293	301	387	392	456	461	118	129	196	250
XV	330	341	390	404	438	452	124	142	214	228
XVI	305	320	401	436	500	507	144	162	236	250
Mittel	279	287	374	385	425	436	162	180	247	274

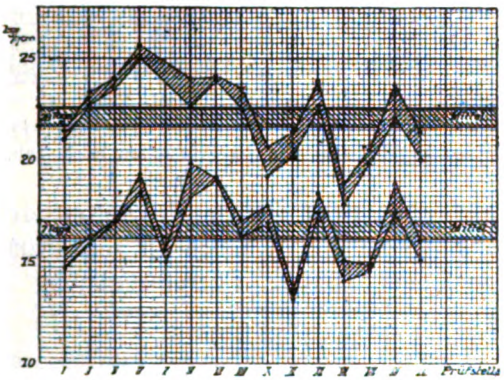
Digitized by Google

erzielen, würde die Streichung der geringsten Wertziffern gewissermaßen eine Prämie auf die Ungeschicklichkeit bedeuten; das kann aber nicht die Absicht der Prüfung sein, es muß vielmehr nach tunlichster Vollkommenheit gestrebt werden, und so sollen die Stellen, die keine gleichmäßigen Körper herstellen können, auch die Folgen ihrer schlechten Arbeit in Gestalt der niedrigeren Mittelwerte tragen. Die Bildung der Mittelwerte aus den 4 besten Ergebnissen ist deshalb grundsätzlich abzulehnen.

Zeichenerklärung zu Figur 1 bis 9.

○ = Mittel aus 10 Versuchen
● = „ „ 4 „

Zement A.



Figur 1. Zugfestigkeiten (erdfeucht) nach den Mittelwerten aus allen und den 4 besten Ergebnissen von 15 Prüfstellen nach Tab. 1.

Aus Tabellen und Abbildungen ist ferner ersichtlich, daß bei Ausführung der Prüfung an verschiedenen Stellen nach den deutschen Normen sowohl, wie auch nach den neuen Vorschlägen erhebliche Abweichungen in den Mittelwerten möglich sind.

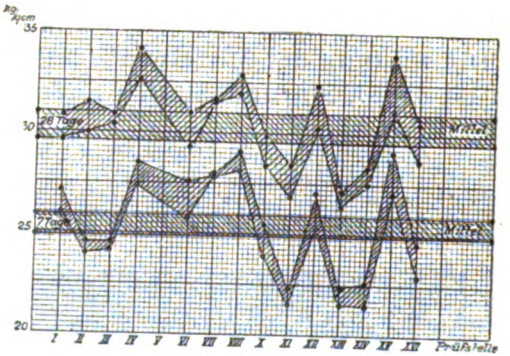
Betrachten wir nacheinander Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Biegefestigkeit.

Daß die Prüfung auf Zugfestigkeit mit beträchtlichen Mängeln und einer gewissen Unsicherheit behaftet ist, war bekannt und hat bereits bei Schaffung der neuen deutschen Normen dazu geführt, die Zugprobe als entscheidende Probe auszuschalten und durch die Druckprobe zu ersetzen. Gleichwohl ist aus Abbildung 1 und 2 zu ersehen, daß die Schwankungen in den Mittelwerten an den einzelnen Prüfstellen nicht übermäßig groß sind und daß die Ab-

Digitized by Google

weichungen von dem Mittel aus allen Versuchen für beide Zemente bei denselben Prüfstellen nahezu die gleichen sind. Am zuverlässigsten arbeiten die Prüfstellen I, II, III, VIII, X, XII und XVI.

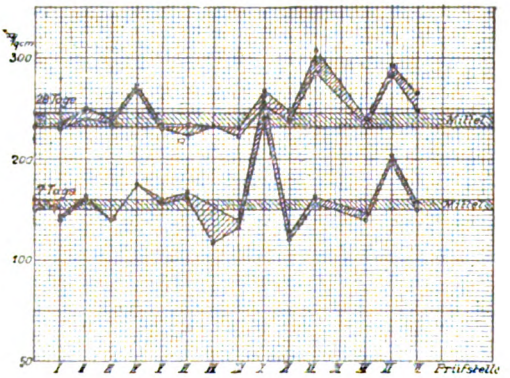
Zement S.



Figur 2. Zugfestigkeiten (erdfeucht) nach den Mittelwerten aus allen und den 4 besten Ergebnissen von 15 Prüfstellen nach Tab. 2.

Die Druckfestigkeiten nach der Vorschrift der deutschen Normen (Abbildungen 3 und 5) haben an allen Prüfstellen in den Mittelwerten noch viel bessere Übereinstimmung ergeben, ins-

Zement A.

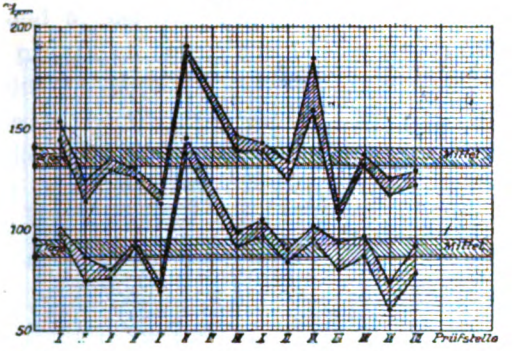


Figur 3. Druckfestigkeiten (erdfeucht) nach den Mittelwerten aus allen und den 4 besten Ergebnissen von 15 Prüfstellen nach Tab. 1.

besondere, soweit der langsam bindende Zement „A“ in Frage kommt. Die Abweichungen bei der Prüfung des Schnellbinders „S“,

Digitized by Google

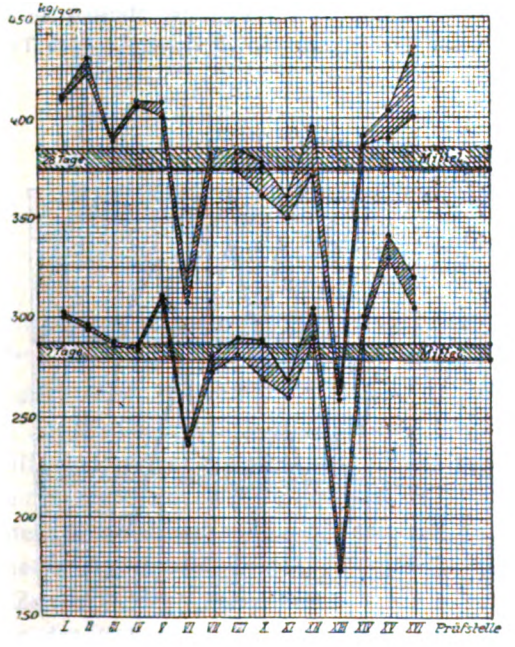
Zement A.



Figur 4. Druckfestigkeiten (plastisch) nach den Mittelwerten aus allen und den 4 besten Ergebnissen von 15 Prüfstellen nach Tab. 1.

die sich namentlich an den Stellen VI und XIII ergeben haben, lassen sich vielleicht durch das Umschlagen dieses Zementes während der Prüfung erklären.

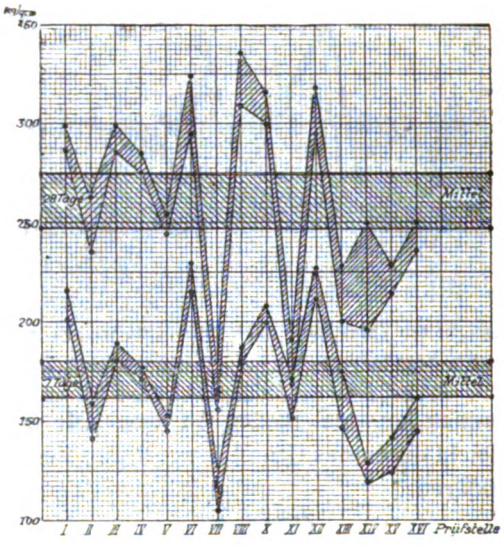
Zement S.



Figur 5. Druckfestigkeiten (erdfeucht) nach den Mittelwerten aus allen und den 4 besten Ergebnissen von 15 Prüfstellen nach Tab. 2.

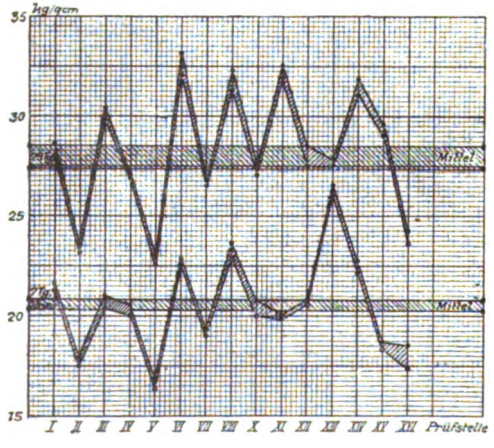
Digitized by Google

Zement S.



Figur 6. Druckfestigkeiten (plastisch) nach den Mittelwerten aus allen und den 4 besten Ergebnissen von 15 Prüfstellen nach Tab. 2.

Zement A.

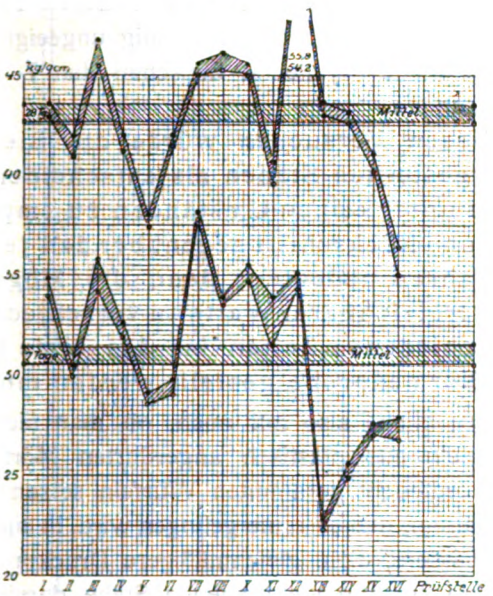


Figur 7. Biegefestigkeiten (plastisch) nach den Mittelwerten aus allen und den 4 besten Ergebnissen von 15 Prüfstellen nach Tab. 1.

Digitized by Google

Vergleicht man nun aber die Abbildungen 3 und 5 mit den Bildern 4 und 6, die die Ergebnisse der Druckprüfung an den Resten der plastisch hergestellten Stäbe umfassen, so fällt sogleich die viel größere Unsicherheit der Versuche mit plastischen Mörteln auf, die um so bemerkenswerter ist, als diese Druckversuche an sehr viel kleineren Körpern ausgeführt worden sind, bei denen die Möglichkeit ungleichmäßiger Materialverteilung viel geringer ist, als bei den großen Würfeln der Normenprobe.

Zement S.



Figur 8. Biegefestigkeiten (plastisch) nach den Mittelwerten aus allen und den 4 besten Ergebnissen von 14 Prüfstellen nach Tab. 2.

Die sehr großen Abweichungen vom Mittel aus allen Versuchen, namentlich der 28-Tageproben des Zementes „A" an den Stellen VI, XII und XIII, sind nur durch die Unsicherheit des Verfahrens zu erklären; die massenhaften, sehr starken Abweichungen bei der Prüfung des Zementes „S" fallen zwar vielleicht auch dem wechselnden Verhalten dieses Zements zur Last, beweisen darum aber, daß namentlich für schnell bindende Zemente oder solche, die sich im Übergang befinden, die Herstellung der Proben aus plastischen Mörteln noch viel mehr Unsicherheiten bietet, als schon bei Verwendung des Rammverfahrens mit erdfeuchten Mörteln in die Erscheinung treten.

Digitized by Google

Was dann schließlich die Biegeproben anbelangt, so zeigt ein Blick auf die Bilder 7 und 8, daß bei dieser Probe auf nur einigermaßen übereinstimmende Mittelwerte an verschiedenen Prüfstellen überhaupt nicht zu rechnen ist. Selbst mit dem völlig normalen Zement „A" ist es nicht gelungen, auch nur die Zuverlässigkeit zu erreichen, die den Normenzugproben innewohnt, geschweige denn die der Normendruckproben. Mit dem schwierigen Zement „S", der sich erdfeucht immer noch leidlich sicher zu Zugproben formen ließ, ist die Biegeprobe vollständig mißlungen. Abweichungen der Mittelwerte an verschiedenen Prüfstellen, wie sie Bild 8 zeigt, lassen die Probe als völlig ungeeignet erscheinen. Nicht einmal leidliche Parallelität zwischen den 7- und 28-Tageproben ist vorhanden.

Nach diesen Versuchen würde die Biegeprobe an plastisch hergestellten Stäben als entscheidende Zementnormenprobe unter keinen Umständen zu empfehlen sein. Sie würde einen Rückschritt gegenüber den jetzt üblichen Prüfungsverfahren bedeuten; denn die Möglichkeit der Gewinnung vergleichbarer Werte an verschiedenen Stellen und zu verschiedenen Zeiten ist das erste Erfordernis, das an eine Normenprobe gestellt werden muß.

Zu erörtern bliebe also nur noch, ob man nicht die Druckprobe mit Würfeln aus plastisch angerührten Mörteln an Stelle der Probe mit erdfeucht gerammten Würfeln setzen könnte.

Nimmt man an, daß es kaum gelingen wird, in eigenen (kleinen) Würfelformen bessere, d. h. gleichmäßigere Druckprobenkörper zu erzeugen, als sie die durchgebrochenen Stäbe darstellen, die mit allergrößter Sorgfalt geformt sind, und berechnet man die mittleren Fehler Δm aus den einzelnen Reihen für die Druckversuche, erdfeucht und plastisch (Tabelle 3), so ergibt sich der beträchtliche Unterschied zwischen beiden Verfahren noch deutlicher. Die Zahlen, die sich auf 4 Zemente an jeder Prüfstelle beziehen, beweisen, daß der mittlere Fehler aus allen Werten für die Druckversuche nach 7 und 28 Tagen bei erdfeuchten Mörteln 3·00 und 3·10% beträgt und erheblichere Abweichungen von diesen Fehlern nur vereinzelt vorkommen, während für die Druckversuche mit plastischen Mörteln der mittlere Fehler 6·9 und 5·8% beträgt, also doppelt so groß ist, und an den einzelnen Versuchsstellen die mittleren Fehler ganz gewaltige Abweichungen aufweisen. Die größere Unzuverlässigkeit

Digitized by Google

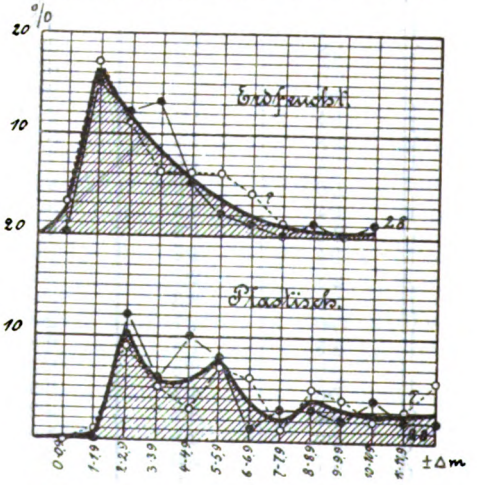
Tabelle 3. **Druckfestigkeit.**

Zustand	Mittlere Abweichungen ± △m			
	Erdfeucht		Plastisch	
Prüfstelle	σ-BW		σ-BSt	
	7 Tage	28 Tage	7 Tage	28 Tage
I	1·2	2·4	2·5	4·7
	0·2	1·0	6·4	2·6
	2·2	1·2	2·8	3·8
	1·0	1·3	2·9	5·4
II	1·5	4·2	12·8	7·6
	1·8	2·8	9·7	10·5
	2·0	3·1	5·9	10·3
	2·3	2·8	8·8	12·8
III	1·2	1·4	4·0	4·1
	1·2	2·0	3·8	3·7
	1·8	1·0	3·4	3·7
	0·8	2·2	6·3	4·1
IV	0·8	1·0	2·0	2·7
	1·4	1·0	2·7	2·6
	1·8	1·2	8·1	2·2
	1·4	1·6	1·7	2·4
V	1·6	1·8	5·5	5·2
	1·4	3·4	3·6	3·7
	2·8	1·6	4·3	5·6
	1·4	1·2	2·3	2·5
VI	2·8	2·7	3·9	2·8
	1·5	3·3	5·6	8·4
	5·0	4·1	2·8	2·4
	2·5	1·5	2·8	6·3
VIII	6·0	2·8	6·3	4·6
	7·0	4·2	2·9	7·1
	3·4	3·2	8·2	4·1
	3·0	2·8	5·0	5·5
X	6·7	3·3	7·0	2·3
	6·7	3·2	4·2	3·6
	2·5	3·0	3·9	2·8
	2·3	3·3	5·3	4·0
XI	4·7	1·5	5·2	7·2
	5·0	4·2	9·2	12·0
	2·2	2·8	11·5	5·3
	1·7	3·5	15·0	10·6
XII	4·3	5·1	6·3	11·8
	5·4	6·9	5·0	5·8
	3·0	1·5	12·2	2·6
	4·4	2·9	9·9	2·7
XIII	5·0	[14·4]	11·8	4·3
	3·6	3·4	14·0	9·7
	6·3	8·2	8·8	10·9
	5·2	3·8	6·5	11·4
XV	1·9	2·1	15·8	5·0
	2·5	3·0	10·5	4·7
	2·5	2·2	9·1	4·9
	1·8	5·6	6·9	8·7
XVI	3·7	3·6	11·2	4·5
	3·7	[9·0]	10·4	5·2
	4·0	4·6	14·6	9·6
	5·8	10·4	8·0	8·0
Mittel	3·0	3·1	6·9	5·8

Digitized by Google

der Druckversuche mit plastischen Mörteln tritt auch bei Betrachtung der Abbildung 9 zu Tage, in der die Fehler gruppenweise aufgetragen sind. Aus dem Vergleich der beiden Kurven ist ohne weiteres ersichtlich, wie viel geringer die Zuverlässigkeit der Druckproben an plastischen Mörteln gegenüber den erdfeuchten ist. Berücksichtigt man nun noch, daß die Herstellung der Prismen ungefähr 3 mal so lange Zeit in Anspruch nimmt, als die Herstellung der gleichen Zahl erdfeucht gestampfter Proben, so folgt, daß die Einführung des neuen Verfahrens namentlich für diejenigen Stellen

Zuverlässigkeit von Druckversuchen.



Figur 9. Erdfeucht an Würfeln bestimmt.
Plastisch an Bruchstücken von Stäben bestimmt.
(Nach Tab. 3.)

nicht erwünscht ist, von denen zuverlässige und vergleichbare Versuchsergebnisse unter allen Umständen gefordert werden müssen und die genötigt sind, auf schnelle Erledigung amtlicher Aufträge bedacht zu sein. Das sind die amtlichen Prüfungsanstalten.

So lange also ein neues Verfahren nicht wesentlich größere Gewähr für die schnelle Gewinnung zuverlässiger und vergleichbarer Mittelwerte liefert, als das vorgeschlagene Verfahren der Prüfung plastischer Mörtel in Stäben, besteht für Deutschland wenigstens kein Bedürfnis, von dem alten bewährten Verfahren der Prüfung der Portlandzemente abzugehen.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XIII 3

DAS ANWACHSEN DER FESTIGKEIT VON ZEMENTMÖRTELN.

Von **E. Candlot**, Paris.

(Übersetzt von dipl. Ing. R. Hauer, Berlin.)

Man nimmt im allgemeinen an, daß der Widerstand von Zementmörteln ständig anwachsen muß, und wenn man nach einigen Tagen oder Wochen eine Verminderung dieses Widerstandes beobachtet, so schließt man daraus auf eine schlechte Beschaffenheit des untersuchten Zementes.

Diese Meinung hat dazu geführt, in vielen Lieferbedingungen Vorschriften über das Anwachsen der Festigkeit vom 7. bis zum 28. Tage aufzunehmen.

In den französischen Lieferbedingungen, die von 1885 bis 1902 in Kraft waren, bestand die ausdrückliche Vorschrift, daß die Festigkeit des Zementes anwachsen sollte zwischen dem 7. und dem 28. Tage und vom 28. Tage bis zum 3. Monate.

In den Lieferbedingungen von 1902 werden Versuche nach 3 Monaten nicht mehr verlangt. Dagegen wurde die Bestimmung beibehalten, die das Anwachsen der Festigkeit vorschreibt; für reinen Zement sollte es 3 kg vom 7. bis zum 28. Tage betragen; für Mörtel 1 : 3 verlangte man eine Vermehrung von 2 kg zwischen diesen beiden Zeitpunkten.

Die englischen Lieferbedingungen gehen auf diesem Wege noch viel weiter; dort sind folgende Bestimmungen zu erfüllen:

Die Vermehrung der Festigkeit vom 7. bis zum 28. Tage darf nicht geringer sein als

25%,	wenn	die	Festigkeit	nach	7	Tagen	28—31·5	kg/qcm	beträgt,	
20%,	„	„	„	„	7	„	31·5—35	„	„	
15%,	„	„	„	„	7	„	35—38	„	„	
10%,	„	„	„	„	7	„	38—42	„	„	
5%,	„	„	„	„	7	„	größer	ist	als	42 kg.

Digitized by Google

Auf den ersten Blick erscheint es selbstverständlich, daß die Festigkeit der Zementmörtel beständig mit der Zeit wächst. Man stellt sich gewöhnlich vor, daß diese Mörtel nur nach und nach erhärten und erst nach Ablauf langer Jahre ihren Größtwert an Härte erreichen. Ein Rückfall der Festigkeit, der sich durch eine Neigung in der Bruchkurve darstellt, springt sofort in die Augen, so daß man sogleich geneigt ist, dem untersuchten Mineral die Schuld zuzuschieben.

Wenn man diese Frage etwas genauer untersucht, so findet man leicht, daß dieser Vorwurf tatsächlich ungerechtfertigt ist und daß sich die Meinung der fortschreitenden Vergrößerung der Festigkeit nicht auf das geringste Versuchsergebnis stützt.

In einem einzigen Falle nur könnte die Festigkeit eines Zementes kleiner werden, in dem Falle nämlich, daß er freien Kalk enthält, der sich mit der Zeit in Hydrat verwandelt und dadurch allmählich den Zusammenhang des Mörtels zerstört. Es ist aber heute so einfach, den freien Kalk mit Hilfe der Kochprobe, Dampfprobe usw. zu erkennen, daß dieser Fall kein Interesse bietet. Ein Zement, der bei gewöhnlicher Temperatur nach Verlauf einer kürzeren oder längeren Zeit zum Verfall neigt, würde sich durch die Kochprobe sofort verraten. Wenn man die Größe des Treibens mit der Le Chatelier-Nadel mißt, kann man erkennen, daß Zemente, die eine Ausdehnung von 30, 40 und selbst 50 mm zeigen, bei gewöhnlicher Temperatur zufriedenstellende Resultate ergeben. Ein Zement, der tatsächlich einen gefährlichen Gehalt an freiem Kalk besitzt, würde 70 bis 80 mm ergeben und sogar vor Beendigung des Versuches in Brei zerfallen.

Da die Lieferbedingungen im Höchstfalle 10 mm Treibmaß vorschreiben, besteht offenbar nicht die geringste Möglichkeit, daß ein Zement der Prüfung durch die Kochprobe entgehen könnte.

Die Festigkeitsversuche werden demnach an normalen Zementen vorgenommen, die sicherlich keine schädlichen Mengen freien Kalkes enthalten. Es fragt sich daher, welche Ursachen die Schwankungen in den Festigkeitskurven haben.

Zunächst muß man bemerken, daß die Anordnung dieser Versuche eine erhebliche Fehlerquelle enthält. Mit welcher Sorgfalt auch die Probekörper hergestellt sein mögen, ist es doch so gut wie unmöglich, den einen genau so wie den anderen herzustellen. Man hat Abweichungen beobachtet, deren Grund einzig und allein in der Herstellung der Probekörper lag und bis zu 50% betrugen.

Digitized by Google

Wenn man trockene Mörtel untersucht, und zwar mit Hilfe von Maschinen, kann man Ergebnisse erhalten, die einigermaßen übereinstimmen; aber bei plastischen Mörteln, bei denen die Verwendung irgendwelcher mechanischen Verfahren ausgeschlossen ist, beobachtet man zwischen zwei Versuchsanstalten oft erhebliche Abweichungen; ja selbst eine und dieselbe Person erhält durchaus nicht dieselben Resultate.

Es ist daher unzulässig, daß man für die Proben bei der Abnahme Vorschriften einführt, deren Genauigkeit unvereinbar ist mit der Unvollkommenheit der Herstellungsart der Probekörper.

Übrigens ist zu bemerken, daß man einen sogenannten Abfall an Festigkeit im allgemeinen bei Zementen mit sehr bedeutender Anfangsfestigkeit beobachtet hat. Diese Zemente erreichen verhältnismäßig schnell den Größtwert ihrer Festigkeit uud die Veränderungen der Festigkeit, deren Ursachen in der unvollkommenen Herstellung der Probekörper liegen, zeigen sich dann sehr deutlich.

Man wird nicht verfehlen, aus diesem Umstande einen Schluß zugunsten der konstanten Vergrößerung zu ziehen. Hierauf ist zu erwidern, daß, wenn ein Zement nach 7 Tagen 60 kg/cm² Druckfestigkeit erreicht hat, während ein anderer Zement diese Festigkeit erst nach 6 Monaten aufweist, es unmöglich zu verstehen ist, warum der zweite dem ersten überlegen sein sollte.

Wenn man eine große Anzahl Zemente während langer Zeiten untersucht hat, findet man, falls man selbstverständlich unvollkommene Produkte ausschließt, daß sämtliche Zemente nach einem oder zwei Jahren dieselbe Festigkeit aufweisen, einerlei, ob der Zement sehr hohe Anfangsfestigkeiten gehabt hat oder nicht; die schließliche Festigkeit scheint immer die gleiche zu sein. Zemente, die nach 7 oder 28 Tagen eine bedeutende Festigkeit aufweisen, sind daher keineswegs verdächtig; man müßte sogar diese Zemente allen anderen vorziehen, da die Bauwerke, in denen man den Zementmörtel gebraucht, sehr schnell so widerstandsfähig wie möglich sein müssen. Dasselbe gilt namentlich auch für Bauten in Eisenbeton und für Quadersteinwerke. Es erscheint doch selbstverständlich, daß man dem Zement den Vorzug geben muß, der das Ausrüsten der Verschalungen nach 5 oder 6 Tagen ohne jede Gefahr gestattet.

Und doch wenden sich die Lieferbedingungen gerade gegen die Herstellung solcher Zemente. Um sich nicht einer Annahme-

Digitized by Google

verweigerung auszusetzen, trachtet der Fabrikant tatsächlich darnach, Zemente mit geringer Festigkeit herzustellen. Dies ist wenigstens in verschiedenen Ländern der Fall.

Dort dagegen, wo solche unvernünftigen Bestimmungen nicht zu fürchten sind, sieht man die Qualität der Zemente ständig anwachsen. So ist man in der Schweiz und in Deutschland z. B. dazu gelangt, immer feinere Zemente herzustellen, die einen sehr widerstandsfähigen Mörtel ergeben.

Die Bedeutung, die man heute noch dem stetigen Anwachsen der Festigkeit beimißt, rührt daher, daß man früher den Zement mit Meerwasser anrührte; die Probekörper lagerten ebenfalls in Salzwasser. Man konnte dann bisweilen einen erheblichen Abfall an Festigkeit wahrnehmen, der um so stärker war, je besser und feiner der Zement war.

Lange Zeit hindurch wurde diese sichtbare Verminderung der Festigkeit als gefährlich angesehen, und diese Meinung besteht noch bei vielen Technikern. Man hat jedoch erkannt, daß dieser Abfall in gar keinem Zusammenhang mit der inneren Beschaffenheit des Zementes steht. Wir haben beobachtet, daß ein Zement, dessen Zerfall offensichtlich war, während vieler Jahre sehr regelmäßig wachsende Festigkeiten aufwies. Im Gegenteil, mit sehr gut gebrannten und sorgfältig zusammengesetzten Zementen erhielt man einen sehr starken Abfall vom 28. Tage bis zum 3. Monat, ja sogar zwischen dem 7. und dem 28. Tage.

Dies rührt daher, daß die Kristallisation der Zementsalze in Meerwasser viel stärker ist als in Süßwasser. Unter dem Einfluß dieser Kristallisation wird die Zementmasse spröde und zerspringt wie Glas. Aber die Mörtel zeigen keinen Festigkeitsabfall, und damit ist der Beweis gegeben, daß der Zement nicht schlechter wird.

Die Versuche mit Zement geschehen jetzt überall mit Süßwasser und man braucht gegen die Abnahme der Festigkeit kein Vorurteil mehr zu haben.

Wir sprechen infolgedessen den Wunsch aus, daß man aus den Lieferbedingungen alle Bestimmungen entferne, die eine Vergrößerung der Festigkeit zwischen dem 7. und dem 28. Tage verlangen.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XIV1

BESCHLEUNIGTE RAUMBESTÄNDIGKEITS-PROBE DES ZEMENTS NACH LE CHATELIER.

Bericht zur Hauptfrage von **Bertram Blount**, London.

Seitdem die Anwendung der Schnellprobe zur Bestimmung der Volumbeständigkeit der Zemente allgemeine Verbreitung gefunden hat, sind sehr zahlreiche Versuche von vielen verschiedenen Experimentatoren angestellt worden, welche gezeigt haben, daß es wohl möglich ist, daß verschiedene Zemente solchen Proben nicht genügen, sich aber dennoch in der praktischen Verwendung als raumbeständig erwiesen haben, daß jedoch noch kein Fall vorkam, bei dem ein Zement, der den Proben genügt hatte, später mangels Raumbeständigkeit nicht entsprochen hätte.

Ich folgere daraus, daß diese Prüfungsmethode von großem Nutzen ist und daß ihr Fehlen in einem Buch über Materialprüfung dieses unvollständig und veraltet macht. Der Beweis für diese Annahme ist dadurch gegeben, daß hierzuland die Fabrikanten sowie die Verbraucher die Methode allgemein angenommen, und sie regelmäßig zu beiderseitiger Zufriedenheit als Prüfungsmittel angewendet haben, in der Erkenntnis, daß sie auf diese Weise viele, die Materialbeschaffenheit betreffende Streitursachen vermeiden und ein wertvolles Schutzmittel gegen verborgene, im Laufe der Zeit zu ernsten Bauunfällen Anlaß gebende Fehler in der Hand haben.

Ich habe, um das zunehmende Einverständnis zwischen den Fabrikanten und den Konsumenten zu zeigen, verschiedene mittels der Le Chatelier'schen Methode während der letzten 8 Jahre erhaltene Resultate in Tabellen zusammengestellt und sie diesem Bericht beigefügt. Man kann daraus ersehen, daß, seitdem die Britische Normalvorschrift (British Standard Specification) in

Digitized by Google

England offiziell bekannt wurde, die an die Raumbeständigkeit gestellten Anforderungen strenger wurden. Heute ist die größte zulässige Ausdehnung eines Zements bei der Le Chatelier'schen Methode auf 10·0 mm festgesetzt.

Die Herstellung eines Zements, der diesen Anforderungen entspricht, erwies sich nicht als schwer und viele Fabrikanten stellen normal einen Zement her, dessen Treiben weit unter diese Grenze fällt.

Es wird von keinem ernsten Fachmann behauptet, daß der in andern Ländern hergestellte Zement dem in Großbritannien hergestellten an Qualität nachsteht und es ist daher unzweifelhaft, daß ein solcher Zement im Stande ist, einer strengen beschleunigten Prüfung auf Volumbeständigkeit zu genügen.

In Anbtracht des Umstandes, daß die Anwendung einer einfachen und zuverlässigen Prüfung nach Art der Le Chatelier'schen wesentliche praktische Vorteile während einer jahrelangen Probezeit ergeben hat, während welcher Zeit sie dazu gedient hat, viele Millionen Tonnen Zement vor ihrer Abnahme und Benützung zu prüfen, bin ich der Ansicht, daß sich die internationale Annahme und allgemeine Anwendung einer solchen Probe für eine große und wachsende Industrie vom größten Werte erweisen würde und daß ihre Einführung von allen an dieser Industrie beteiligten Personen, von den Fabrikanten so gut wie von den Konsumenten oder sonstigen Fachmännern unterstützt werden sollte.

Digitized by Google

Le Chatelier'sche Prüfung von Portlandzement.

Zusammenstellung.

Bezeichnung	Maximum 12·0 mm					Maximum 10·0 mm				
	1903	1904	1905	1906	1907	1907		1908	1909	1910	1911
					Bis 30. Juni	Juni bis Dezember					
Zahl der Proben	73	163	169	158	121	114	gemäß der alten Bestimmung berechnet	127	105	153	93
Mittel mm	15·1	10·5	7·8	6·7	6·8	5·7		4·6	4·2	2·4	3·0
Maximum mm	122·0	54·0	51·0	51·0	50·0	18·5		47·0	40·0	24·5	30·0
Minimum mm	0·5	0·5	1·0	0·0	0·5	0·0		0·5	0·5	0·5	0·0
Zahl der den Bestimmungen nicht entsprechenden Proben	23*	49	30	25	19	27	15	12	8	1	3
Prozentuales Verhältnis der den Bestimmungen nicht entsprechenden Proben	31·5	30	17·7	15·8	15·7	23·7	13·2	9·4	7·6	0·7	3·2

*) Gemäß den Bestimmungen der British Standard Specification 1904 d. h. 12·0 mm Maximum.

Digitized by Google

Ergebnis der Le Chatelier'schen Probe mit den 1903 untersuchten Portland-Zementen.

mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2 0	0·5	2·5	5·0	25·0	5·5	40·0
5·5	7·0	11·0	4·5	5·5	18 0	2 0
3·0	11·0	10·0	17·5	14·0	42 0	13·0
9·5	1·5	26·5	38·0	3·5	13·0	52·0
6·5	2·0	24·5	23·5	5·0	5·0	4·0
1·75	3·0	1·5	66·0	4·5	2·0	3·0
4·0	1·0	1·5	2·5	48·5	36 0	3·0
3·0	0·5	17·5	27·5	10·5	3·0	
1·0	1·5	1·5	35·5	4·5	122·0	
1·5	73·5	2·0	45·0	8·5	10·0	
2·25	2·0	1·5	41·5	0·5	0·5	

Ergebnis der Le Chatelier'schen Probe mit den 1904 untersuchten Portland-Zementen.

mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
44·0	4·0	22 0	17·0	4·0	1·0	2·0
31·0	2 0	22·0	16·0	4 0	3·0	17·0
10·0	10·0	2·0	3·0	5·0	3·0	2·0
1·5	41·0	7·0	5·0	4·0	3·0	12·0
2·0	17·0	13·0	3·0	4·0	1·0	3·0
9 0	29·0	21·0	8 0	11·0	7·0	2·0
14·0	27·0	10·0	5·0	3·0	7·0	3·0
8·0	13·0	11·0	5·0	38·0	2·0	15·0
15·0	2·5	2·0	18·0	1·5	2·0	4·0
0·5	25 0	4·0	26·0	5·0	1·0	1·0
8·0	5·0	25·0	4·0	2·0	5·0	24·0
5·5	7·0	16·0	5·0	5·0	5·0	6·0
3·0	11·0	18·0	5·0	2·0	6·0	16 0
14·0	5.0	5·0	6 0	3·0	2·0	9·0
2·0	31·0	4·0	10·0	3·0	2·0	22·0
17 0	3·5	19·0	16·0	6·0	4·0	22·0
54·0	15·0	17·0	5·0	2·0	2·0	32·0
2·0	1·5	10·0	2·0	1·0	2 0	1·0
2·0	21·0	31·0	4·0	21·0	1·0	13·0
3·0	11·5	12 0	9·0	3·0	1·0	13·0
2·5	7·0	2·0	2 0	2 0	2·0	6·0
40 0	12 0	4·0	6·0	2 0	16·0	9·0
21·0	32·0	8 0	4·0	2·0	1·0	2 0
4·5	48·0	13·0	2·0	1·0	5·0	3·0
3·0	49·0	3·0	3·0	2·0	3·0	10·0

Digitized by Google

Ergebnis der Le Chatelier'schen Probe mit den 1905 untersuchten Portland-Zementen.

mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2·0	2·0	7·0	14·0	17·0	26·0	5·0	1·0
30·0	2·0	3·0	7·0	1·0	31·0	2·0	2·0
5·0	1·0	4·0	4·0	2·0	2·0	2·0	2·0
9·0	3·0	14·0	11·0	1·0	20·0	2·0	1·0
3·0	2·0	20·0	8·0	7·0	9·0	2·0	2·0
27·0	2·0	26·0	2·0	1·0	5·0	2·0	6·0
31·0	19·0	11·0	2·0	3·0	33·0	1·0	2·0
28·0	2·0	2·0	3·0	1·0	21·0	16·0	3·0
3·0	2·0	10·0	3·0	6·0	1·0	6·0	2·0
3·0	2·0	12·0	2·0	11·0	1·0	28·0	12·0
2·0	4·0	5·0	1·0	3·0	9·0	2·0	6 0
6·0	6·0	8·0	1·0	2·0	10·0	8·0	6·0
6·0	8·0	10·0	3·0	1·0	18·0	7·0	5·0
5 0	19·0	9·0	5·0	1·0	31·0	10·0	3·0
2·0	6·0	22·0	15·0	2·0	2·0	11·5	3 0
1·0	16·0	3·0	51·0	1·0	1·0	4·0	
4·0	1·0	3·0	5·0	2·0	2·0	9 0	
14·0	10 0	2·0	15·0	5·0	5·0	9·0	
2·0	19·0	3·0	3·0	3·0	2·0	3·0	
2·0	4·0	3·0	2·0	1·0	3·0	8·0	
2·0	7·0	1·0	49·0	24·0	11·0	9·0	
4·0	8·0	5·0	2 0	26·0	13·0	1·0	

Ergebnis der Le Chatelier'schen Probe mit den 1906 untersuchten Portland-Zementen.

mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
2·0	51·0	0·0	5·0	21·0	15·0	3·0	2·0
4·0	2·0	2·0	8·0	2·0	18·0	3·0	2·0
15·0	1·0	18·0	2·0	3·0	18·0	2·0	1 0
7·0	2 0	22 0	1·0	3 0	5·0	2·0	1·0
3·0	2·0	3·0	5·0	9·0	0·0	3·0	1·0
3·0	36·0	1·0	1·0	7·0	1·0	1·0	21 0
51·0	27·0	37·0	3·0	0·0	2 0	30·0	26·0
5·0	4·0	2·0	2·0	9·0	3·0	6·0	2·0
7·0	2·0	0·5	1·0	1·0	11·0	27·0	3·0
6·0	16·0	5·0	2·0	3 0	10·0	1·0	16·0
5·0	1·0	1·0	1·0	1·0	4·0	1·0	10·0
4·0	5·0	1·0	3·0	3·0	4 0	10·0	1·0
7·0	2·0	2·0	1·0	10·0	4·0	1·0	3·0
4·0	4·0	5·0	3·0	1·0	1·0	2·0	5·0
3·0	2 0	6·0	9 0	1·0	1·0	2·0	2·0
4·0	31·0	7·0	2·0	6·0	6·0	6·0	0·0
4 0	2·0	4·0	1·0	4·0	13·0	9·0	0·5
4·0	1·0	6·0	2·0	3·0	16·0	5·0	3·0
4·0	2·0	6·0	2·0	18·0	4·0	1·0	
0·0	1·0	40·0	17·0	15·0	4·0	4·0	

Digitized by Google

Ergebnis der Le Chatelier'schen Probe mit den 1907 untersuchten Portland-Zementen.

mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
3·0	1·5	4·0	4·0	1·0	12·5	1·5
6·0	1·0	4·0	2·0	1·0	9·5	1·0
10·0	2·0	6·0	1·0	3·0	8·5	7·0
18·0	15·0	2·0	8·0	3·0	17·0	8·0
3·0	5·0	3·0	1·0	3·0	14·0	7·0
6·0	6·0	4·0	1·0	2·0	1·0	6·0
5·0	3·0	1·0	1·0	1·0	1·5	2·0
17·0	7·0	16·0	3·0	2·0	1·0	2·0
11·0	6·0	13.0	10·0	3·0	1·5	12·5
2·0	1·0	5·0	1·0	2·0	1·5	13·0
6·0	20·0	2·0	9·0	1·5	12·0	17·0
2·5	5·0	2·0	8·0	4·0	12·5	15·5
2·0	4·0	2·0	2·0	8·0	2·0	10·5
3·0	6·0	2·0	2·0	1·0	2·0	10·5
2·0	5·0	5·0	8·0	2·0	4·0	1·0
2·0	3·0	1·0	8·5	2·0	1·0	11·0
2·0	25·0	8·0	9·0	2·0	13·0	11·0
14·0	1·0	4·0	12·0	1·0	14·0	9·0
50·0	0·5	2·0	10·5	10·0	1·0	18·5
43·0	2·0	2·0	2·0	7·0	18·0	1·5
2·0	27·0	1·0	1·0	12·0	0·5	3·0
2·5	17·0	4·0	3·0	12·0	1·0	14·5
1·0	6·0	2·0	1·5	4·0	9·5	16·0
4·0	2·0	6·0	4·0	5·0	8·5	1·0
3·0	23·0	9·0	11·0	1·0	6·0	1·0
2·0	15·0	2·0	11·0	7·0	1·0	7·5
2·0	27·0	9·0	7·0	9·0	0·0	2·0
2·0	3·0	8·0	6·0	2·0	7·0	11·0
6·0	5·0	8·0	5·0	2·0	2·0	11·0
23·0	8·0	2·0	1·0	4·0	0·0	9·5
13·0	1·0	2·0	2·0	3·0	10·0	9·5
13·0	8·0	2·0	2·5	7·0	1·0	
7·0	13·0	1·0	2·0	9·0	12·0	
0·5	2·0	4·5	1·0	8·0	13·0	

Digitized by Google

Ergebnis der Le Chatelier'schen Probe mit den 1908 untersuchten Portland-Zementen.

mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
16·5	5·0	2·5	1·0	2·0	3·5	2·0
13·0	7·0	1·5	2·5	1·0	1·5	2·0
4·5	2·0	8·5	3·0	6·5	1·5	3·0
8·0	35·0	2·0	3·0	2·5	11·5	7·5
2·0	2·0	2·0	2·0	0·5	4·0	2·0
3·0	1·0	4·0	2·0	4·5	7·0	2·0
5·0	11·0	3·0	3·0	6·0	14·0	1·0
14·0	1·0	1·0	2·0	2·0	10·0	1·5
24·0	2·5	17·0	2·0	1·5	2·0	1·0
8·0	2·0	2·0	0·5	1·5	1·0	5·5
7·0	3·0	1·5	2·0	1·5	1·0	1·5
2·0	1·0	2·0	1·0	5·0	2·5	3·5
5·0	2·0	1·0	2·0	4·5	0·5	0·5
2·5	3·0	2·0	2·0	3·5	3·0	
2·5	1·0	2·5	2·0	5·5	5·0	
47·0	18·0	2·0	0·5	1·5	8·0	
3·0	1·0	5·0	2·0	2·5	3·0	
7·0	4·0	3·0	2·5	26·0	6·0	
7·0	1·0	1·5	2·0	2·0	8·0	

Ergebnis der Le Chatelier'schen Probe mit den 1909 untersuchten Portland-Zementen.

mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
7·0	6·0	5·0	4·0	2·0	1·0	2·0
2·0	6·0	0·5	1·0	2·0	14·0	9·0
6·5	2·0	1·0	40·0	3·0	1·5	1·5
11·5	0·5	2·5	3·5	4·0	0·5	3·5
20·0	2·5	1·5	1·5	1·0	1·0	36·0
3·5	4·5	2·0	2·5	2·0	3·0	2·5
2·0	1·0	1·0	1·5	1·0	1·5	1·0
2·0	3·5	1·5	3·0	4·0	2·5	2·5
0·5	0·5	4·0	2·0	2·0	1·0	2·5
2·0	3·0	0·5	3·5	0·5	3·0	4·0
2·5	3·0	1·0	1·0	0·5	4·0	1·0
7·0	1·5	1·0	1·0	3·0	4·0	3·0
4·0	1·5	5·0	12·5	2·5	3·0	2·0
4·0	1·0	34·0	0·5	1·0	4·0	1·5
1·0	1·0	2·5	1·5	1·0	2·5	0·5
17·0	6·0	8·5	2·5	2·0	1·0	

Digitized by Google

Ergebnis der Le Chatelier'schen Probe mit den 1910 untersuchten Portland-Zementen.

mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
5·0	4·5	1·5	1·5	3·0	1·0	2·0
6·0	2·0	1·0	2·0	1·0	1·0	4·0
4·0	2·5	1·5	1·0	1·5	2·0	2·0
2·0	2·0	1·0	2·0	1·0	2·0	2·0
2·0	2·0	1·0	1·5	0·5	2·0	9·0
2·0	2·0	2·0	1·5	2·5	0·5	2·0
1·0	3·5	3·0	1·5	2·0	0·5	2·0
1·5	2·5	2·0	2·0	2·5	2·0	2·5
2·5	3·0	4·5	2·0	1·5	1·5	2·0
2·5	2·5	3·0	6·0	2·0	1·0	2·0
2·0	7·0	5·5	1·0	2·0	1·0	2·0
2·5	3·0	2·0	1·0	3·5	1·5	1·0
4·5	4·0	2·0	2·5	1·5	5·5	4·0
3·0	2·0	7·0	2·0	2·0	2·0	2·5
4·0	1·5	2·0	1·5	1·0	7·5	1·0
1·0	7·5	1·0	0·5	1·5	1·5	1·0
1·0	3·0	0·5	7·0	2·0	1·0	
1·5	1·5	3·0	2·0	2·0	4·0	
2·0	7·0	0·5	2·0	1·5	2·0	
5·0	5·5	1·5	2·5	24·5	2·0	
3·5	1·5	2·0	2·5	2·0	3·0	

Ergebnis der Le Chatelier'schen Probe mit den 1911 untersuchten Portland-Zementen.

mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
4·0	3·5	0·5	2·5	1·5	0·5	3·0
2·5	2·0	3·5	2·0	1·0	1·5	5·0
2·5	1·5	17·0	30·0	2·0	0·0	4·5
2·0	1·0	3·5	2·5	2·0	10·0	2·0
1·5	3·5	3·5	2·5	2·5	1·5	3·0
3·5	2·5	3·0	8·0	2·5	2·0	2·5
1·5	1·5	4·0	1·5	1·5	3·5	1·0
2·5	1·5	1·0	5·5	2·0	1·0	3·0
3·5	1·0	4·0	1·5	1·0	0·5	3·0
5·5	2·5	21·5	2·0	1·5	1·0	
3·0	2·0	3·0	2·0	2·5	1·5	
3·5	1·0	1·5	1·5	2·5	1·5	
3·5	1·5	2·0	1·0	1·0	1·5	
2·0	3·0	2·5	2·0	1·0	2·5	

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XIV$_2$

BESCHLEUNIGTE PRÜFUNG DER RAUMBESTÄNDIGKEIT VON PORTLANDZEMENTEN.

Von Professor **M. Gary** in Groß-Lichterfelde-West.

Der Wunsch nach der Auffindung eines Prüfungsverfahrens, welches gefährliche Raumveränderungen von Portlandzementen schnell und sicher erkennen läßt, ist schon fast so alt, wie der Portlandzement selbst, und voll berechtigt.

Das Unheil, welches treibender Zement verursachen kann, ist größer, als das auf irgend einen anderen Mangel hydraulischer Bindemittel zurückzuführende. Es sei an die weitgehenden Zerstörungen des Mauerwerkes an dem Justizgebäude in Kassel vor langen Jahren und der Filteranlagen des neuen Wasserwerkes in Wannsee bei Berlin im Jahre 1911 erinnert. Allerdings handelt es sich in beiden angezogenen Fällen um unrichtig zusammengesetztes Rohmaterial, dessen schädliche Wirkungen auch ohne eine besonders empfindliche, „beschleunigte" Methode hätten erkannt werden müssen, wenn die Prüfung nach dem bekannten Normenverfahren rechtzeitig eingesetzt hätte. Es sind aber Fälle denkbar, in denen die Zeit nicht zur Verfügung steht, um die Kaltwasser-Kuchenprobe, die bisher als die allein in allen Fällen zuverlässige erkannt worden ist, durchzuführen, d. h. den Zementkuchen mehrere Wochen lang zu beobachten.

Der internationale Kongreß für die Materialprüfungen der Technik hat die Frage der Auffindung eines schnellen Verfahrens bereits bei seiner ersten Tagung in Zürich erörtert. Damals legte Dr. P. Prüssing Zementproben vor, die 50% stark treibenden Leichtbrand enthielten, die aber so fein gemahlen waren, daß sie,

Digitized by Google

mit viel Wasser angerührt, glatt ablöschten ohne zu treiben, während sie bei Bearbeitung zu Zementwaren mit wenig Wasser stark trieben. Damals war also schon der Beweis erbracht, daß eine Probe, bei der der Zement mit viel Wasser angerührt wird, solche gefährlichen Zemente wie den erwähnten, nicht immer als verdächtig kennzeichnet und man war deshalb geneigt, Prüfungsverfahren aufzusuchen, die sich der mit wenig Wasser angefeuchteten (erdfeuchten oder trockenen) Proben bedienen.

Die Versuche mit verschiedenen Prüfungsverfahren dieser und andrer Art führten damals nicht zu dem gewünschten Ziel, und es tauchten im Laufe der Zeit immer neue Vorschläge auf, wie wohl der Zement schnell auf etwaige Treiberscheinungen geprüft werden könnte. Erwähnt seien:

Die Darr-Probe bei 100° C,
die Heintzelsche Kugelprobe (Glühprobe),
die Kochprobe nach Michaelis,
die Kugelprobe nach v. Tetmajer,
die Heißwasserprobe nach Maclay,
die Preßkuchenprobe nach Prüssing.

Alle diese Proben fanden Gegner, und im Jahre 1891 gab der Verein deutscher Portlandzementfabrikanten folgende Meinungsäußerung kund:

1. Die Probe der Normen auf Raumbeständigkeit des Portlandzementes ist bei sorgfältiger Ausführung hinreichend scharf und völlig genügend für praktische Zwecke.
2. Die bis jetzt bekannten beschleunigten Proben zum Erkennen der Nicht-Raumbeständigkeit des Portlandzementes sind nicht geeignet, den Konsumenten ein sicheres Urteil über den Zement zu gestatten, weil es vorkommt, daß Portlandzemente, welche die beschleunigten Proben nicht bestehen, sich bei der Verwendung als durchaus raumbeständig erweisen.

Demgegenüber wurden Stimmen laut, namentlich äußerten sich von Tetmajer, Bauschinger, Dr. Michaelis, C. Prüssing, welche behaupteten, daß die Normenproben zur Beurteilung eines Zementes ungenügend seien, besonders dann, wenn der Zement bei der praktischen Verwendung an der Luft erhärten soll. Dieser Widerspruch gegen seine Auffassung gab dem Verein Veranlassung, eine Kommission mit der Beantwortung folgender Frage zu betrauen:

Digitized by Google

„Gestattet die Normenprobe auf Raumbeständigkeit des Portlandzementes ein richtiges Urteil über das Verhalten eines Zementes bei der Verwendung, oder tut es eine der vorgeschlagenen (abgekürzten) Proben auf zuverlässigere Weise?"

Die Kommission begann unverzüglich ihre Tätigkeit gemeinsam mit der Königl. mechanisch-technischen Versuchsanstalt in Charlottenburg.*) Die Versuchsanstalt beschaffte zehn Zemente, welche von Verbrauchern als solche bezeichnet wurden, die die Kochprobe nicht bestehen, sich aber in der Praxis bewähren. Sämtliche Zemente wurden von der Versuchsanstalt und den Kommissionsmitgliedern einzeln auf ihre allgemeinen Eigenschaften, auf Raumänderungen im Bauschinger-Tasterapparat, auf Festigkeit und auf Verhalten bei den verschiedenen Raumbeständigkeitsproben, die weiter vorn aufgeführt sind, geprüft. Außerdem wurden aber auch aus den Zementen in einer Zementwarenfabrik Reliefs und Kanaldeckel hergestellt, die im Freien, allen Witterungsänderungen ausgesetzt, erhärten sollten. Der eingehende Bericht über diese Versuche ist in den „Mitteilungen aus den Königl. technischen Versuchsanstalten" in Berlin 1899, Ergänzungsheft I, veröffentlicht und ist in den „Mitteilungen" 1900, Seite 241 noch ergänzt worden.

Auf die Einzelheiten der Versuche hier einzugehen, ist unmöglich, es muß aber hervorgehoben werden, daß keine der zu der Prüfung herangezogenen, sogenannten beschleunigten Raumbeständigkeitsproben (Darrprobe, Kugelprobe nach Heintzel und v. Tetmajer, Kochprobe, Heißwasserprobe nach Maclay, Preßkuchenprobe nach Prüssing) geeignet erschien, ein in allen Fällen zuverlässiges und schnelles Urteil über die Verwendbarkeit eines Zementes in der Praxis zu gestatten.

Die Versuche haben dargetan, daß alle zehn Zemente, welche die Kuchenprobe nach den Normen bestanden haben, auch bei der Verwendung zu Probekörpern und zu Zementwaren raumbeständig (im Sinne der Praxis) waren. Die Festigkeitszunahme der Probekörper beim Erhärten in Wasser und Luft sprach gleichfalls für die praktische Verwendbarkeit der Zemente.

Die Behauptung, daß die Normenprobe zur Beurteilung eines Zementes ungenügend sei, besonders dann, wenn der Zement bei

*) Jetziges Königl. Materialprüfungsamt in Berlin-Lichterfelde W.

Digitized by Google

der praktischen Verwendung an der Luft erhärten soll, hatte also durch die Versuche der Kommission keine Bestätigung erfahren. Die Kommission erklärte sich indessen ausdrücklich bereit, noch weitere Versuche auszuführen und ersuchte öffentlich die Befürworter der beschleunigten Raumbeständigkeitsproben, solche Zemente in ausreichender Menge zur Verfügung zu stellen, welche die Normenprobe bestehen, den beschleunigten Proben aber nicht genügen und in der Praxis treiben.

Derartige Zemente sollten an die Versuchsanstalt eingesandt werden.

Trotz der weit hinausgeschobenen Frist sind indessen keinerlei Äußerungen zu dieser Sache an die Versuchsanstalt gelangt und ist auch kein Probematerial zu Versuchen in dem oben ausgesprochenen Sinne eingereicht worden.

Damit hätte die Sache ihre Erledigung finden können. Die Versuchsanstalt ist aber noch weiter gegangen und hat die Beobachtung der durch die beschleunigten Proben als sehr verdächtig gekennzeichneten Zemente und der daraus gefertigten Waren noch Jahre lang fortgesetzt, ohne daß indessen das Endergebnis ein anderes geworden wäre.

Die Behauptung, daß die sogenannten beschleunigten Raumbeständigkeitsproben allgemein eine richtigere Beurteilung der Verwendbarkeit eines Zementes gestatten, als die Normen-Kuchenprobe, war hiernach als irrig zurückzuweisen.

Die Versuchsanstalt hat nun aber ferner im Anschluß an diese Versuche eine große Anzahl Behörden aufgefordert, Beobachtungen an den von ihnen unter Verwendung von Zement ausgeführten Bauwerken anzustellen, der durch die beschleunigten Proben verdächtigt war, und hat diese Beobachtungen mit den Ergebnissen der beschleunigten Raumbeständigkeitsproben verglichen. Dabei wurde einwandfrei festgestellt, daß zahlreiche Zemente verschiedensten Ursprunges und verschiedener Herstellungsweise, welche die sogenannten beschleunigten Raumbeständigkeitsproben ganz oder teilweise nicht bestanden, in Bauwerken mancherlei Art, in fetten und mageren Mischungen verwendet, während einer Beobachtungsdauer von 34 bis 18 Monaten ihrem Zweck voll genügten, ohne zu den geringsten Beanstandungen in bezug auf Raumbeständigkeit Veranlassung zu geben.

Digitized by Google

Schließlich ist auch noch durch eine Umfrage bei mehr als 200 Zementverbrauchern festgestellt worden, daß der zweifelhafte Wert insbesondere der Kochprobe und der Darrprobe auch in der Praxis bereits erkannt war und daß kein Bedürfnis nach diesen Proben mehr bestand. In zahlreichen Fällen ergab sich (einige solche Fälle sind 1900 veröffentlicht), daß die normenmäßige Prüfung völlig ausreicht, um einen schlecht aufbereiteten Zement als minderwertig erkennen zu lassen. Sechs Zemente, die auf Grund der Koch- und Darrprobe als gänzlich unbrauchbar hätten bezeichnet werden müssen, sind behördlicherseits zu den verschiedensten Bauwerken verwendet worden, z. B. zum Bau einer Feuerwache, zu Beton- und Bruchsteinmauerwerk eines Hafenbaues, zu Widerlagern und Umfassungswänden eines Festungsbaues, zu einem Hochwasserbehälter, zu Pfeilerbauten einer großen Eisenbahnbrücke, zu Betondecken in einem Fabriksbau u. a. m. Sämtliche Bauwerke haben mehrere Jahre lang unter Beobachtung gestanden, aber nicht eines der Bauwerke hat wegen mangelnder Raumbeständigkeit oder auch sonst irgendwie zu Beanstandungen Veranlassung gegeben, obgleich alle diese Zemente in bezug auf Raumbeständigkeit, beurteilt nach Darrprobe, Glühprobe und Kochprobe, zu den schwersten Bedenken Veranlassung gaben, und obgleich auch die Kuchenproben an Luft und Wasser nach 1 bis 2 Jahren auffällige Erscheinungen zeigten. Nicht einmal ein Zement, der bei der Kochprobe völlig zerkochte und dessen Kuchenprobe im Wasser nach 2 Jahren Netz- und Kantenrisse erlitt, hat in dem Bau, in dem er zu sehr dicken Betonmauern verwendet wurde, irgend welche Schäden veranlaßt. (Näheres vergl. Mitteilungen 1900, Seite 57.) An Gründlichkeit dürften diese Untersuchungen und Feststellungen nirgends übertroffen sein. Nachdem die Ergebnisse dieser Versuche bekannt geworden waren, hat die Angelegenheit der beschleunigten Raumbeständigkeitsproben in Deutschland eine Reihe von Jahren geruht, bis von Le Chatelier der Vorschlag kam, den Zementbrei in aufgeschlitzte und mit Nadeln versehene Messingringe einzufüllen und seine Ausdehnung durch Messung der Entfernung der Nadelspitzen nach Behandlung in heißem Wasser zu prüfen. Die Le Chatelier-Probe ist also eine verbesserte Kochprobe.

Neuerdings hat auch Dr. Georg Hentschel eine abgeänderte Zement-Kochprobe in Vorschlag gebracht.*) Er will die Kochprobe

*) Tonindustrie-Zeitung 1911, Seite 1821.

Digitized by Google

nicht nach 24 Stunden Erhärtung ausführen, sondern der Kochprobe eine Behandlung vorausgehen lassen, um den Kuchen schneller zu erhärten. Der Kuchen soll auf einer stark saugenden Gipsplatte 15 bis 20 Minuten liegen, dann auf einer Eisenplatte über freier Flamme erhitzt werden, bis keine Wasserdämpfe mehr aufsteigen und nach dem Erkalten 10 Minuten unter Wasser von Zimmertemperatur gebracht werden, um schließlich drei Stunden an der Luft aufbewahrt und dann gekocht zu werden. Es sei vorauf bemerkt, daß nicht zu erwarten ist, daß diese Probe etwa wesentlich andere Aufschlüsse liefert, als sie die alte Darr- und Kochprobe gegeben hat. Auch diese Probe wird sich aus den gleichen Gründen wie die älteren Proben als unzuverlässig und irreführend erweisen.

Größere Beachtung fand die Le Chatelier-Probe hauptsächlich deshalb, weil sie im Gegensatze zu den anderen Proben Zahlenwerte lieferte, die man für vergleichbar hielt. Das British Standard Commitee nahm die Le Chatelier-Probe auf und von England aus hat man diese Probe dem internationalen Verband unterbreitet und es durchgesetzt, daß sie in dem Kongreß zu Kopenhagen 1909 als empfehlenswerte beschleunigte Raumbeständigkeitsprobe angenommen wurde, obgleich ein erheblicher Teil sachverständiger Mitglieder der Sektion B gegen diesen Beschluß protestierte. Der Protest ist in das Protokoll aufgenommen worden und wird hiermit erneut in Erinnerung gebracht.

Zur Begründung dieses Protestes ist bereits in Kopenhagen auf die vorerwähnten ungünstigen Erfahrungen mit der Kochprobe hingewiesen worden. Es sei wiederholt, daß die Le Chatelier-Probe eine Kochprobe ist, also auf Grund der bereits vorerwähnten umfangreichen Versuche ebenso beurteilt werden muß, wie die alte Kochprobe. Zur Kennzeichnung der Le Chatelier-Probe sei aber ferner mitgeteilt, wie diese Probe in England selbst beurteilt wird.

In einer Versammlung des Concrete Institutes hielt Mr. Butler im Jahre 1910 einen Vortrag über Raumbeständigkeitsprüfungen, an den sich eine außerordentlich lebhafte Besprechung anschloß. Der Vortragende knüpfte an eine Schilderung der historischen Entwicklung der bisher bekannten beschleunigten Raumbeständigkeitsproben eine Erörterung der theoretischen Vorzüge der Le Chatelier-Probe, kam aber auf Grund vieler Tausende von Prüfungen mittels der Le Chatelier-Nadel zu der Schlußfolgerung, daß man infolge

Digitized by Google

der sich häufig ergebenden widersprechenden Resultate in Fällen, wo der Zement wegen Nichtbestehens der Le Chatelier-Probe verurteilt werden müßte, die Resultate nicht zu streng auslegen sollte. Der Vortragende selbst bewies, daß man an verschiedenen Versuchsstellen sehr verschiedene Ergebnisse erhalten könne, und daß selbst auf derselben Versuchsstelle unter völlig gleichen Bedigungen verschiedene Resultate erzielt werden. Es ist sehr interessant und für den praktischen Unwert der Probe bezeichnend, daß die Versuche Butlers in ihren Ergebnissen den noch zu erwähnenden Versuchen des Vereines Deutscher Portlandzementfabrikanten völlig entsprechen. Butler hat festgestellt:

Erstens, daß von drei verschiedenen Leuten an denselben Stellen mit denselben Formen ganz außerordentliche Abweichungen in den Prüfungsergebnissen zu verzeichnen waren. Der eine Mann fand große Ausdehnung des Zementes, die beiden anderen viel geringere. Nach dem Ergebnis der einen Prüfung mußte der Zement als nicht raumbeständig verworfen werden, nach dem Ergebnisse der beiden anderen, unter ganz gleichen Bedingungen ausgeführten Versuchen war der Zement nicht zu beanstanden.

Butler fand zweitens, daß die Verwendung verschiedenartiger Nadeln aus Messing oder Kupfer, ob alt oder neu, einen außerordentlich großen Einfluß auf das Ergebnis der Prüfung hat.

Butler fand drittens, daß häufig nach 24stündiger oder 6tägiger Lüftung des Zementes die betreffende Probe größere Ausdehnung zeigte, als bei Verwendung des ursprünglichen Zementes. Er weist darauf hin, daß bei der englischen Methode die Ausdehnung in den ersten 24 Stunden, die in vielen Fällen erheblich größer ist, als die spätere Ausdehnung, beim Kochen vollkommen vernachlässigt wird und daß es völlig willkürlich sei, den Zement 24 Stunden erhärten zu lassen, bevor er gekocht wird.

Der Vortragende sagt am Schlusse ungefähr wörtlich:

„Was auch immer für gute Gründe für oder gegen die beschleunigten Raumbeständigkeitsprüfungen bestehen mögen, so könne er aus persönlicher Erfahrung für die Tatsache Gewähr leisten, daß vor weniger als 20 Jahren nicht 10 v. H. des Portlandzements, der in England oder anderswo fabriziert sei, die Kochprobe unter den vorgenannten Bedingungen habe aushalten können. Die klarliegende Schlußfolgerung, falls diese Probe eine wirklich richtige Prüfung für die Raumbeständig-

Digitized by Google

keit sein solle, sei daher, daß 90 v. H. des gesamten Zements, der vor 20 Jahren gebraucht worden sei, nicht raumbeständig gewesen sei. Dieses sei eine einigermaßen überraschende Behauptung, wenn man bedenke, daß Hunderttausende von Tons in der Welt für wichtige Bauwerke gebraucht worden seien; und man könne diese Behauptung kaum ernsthaft aufrecht erhalten, wenn man auf die gegenwärtige vorzügliche Verfassung dieser Arbeiten Rücksicht nähme."

Dieser Vortrag fand in einer Sitzung statt, die von Herrn Blount, dem Befürworter der Le Chatelier-Probe in Kopenhagen, geleitet wurde. Mr. Blount faßte seine Kritik des Vortrages dahin zusammen, daß „er mit Herrn Butler nicht übereinstimme." Diese bündige, aber leider sachlich nicht begründete Ansicht wurde in der nachfolgenden Besprechung von einer großen Anzahl namhafter englischer Zementfabrikanten, die Herrn Butler zustimmten, nicht geteilt. Bedenken gegen die Le Chatelier-Probe äußerten unter anderen die Herren Bamber, Cooper, Tristam, Watson, Roberts.*)

Im Verein deutscher Portlandzementfabrikanten hat man erstmalig im Jahre 1909 in einer besonderen Kommission unter Vorsitz des Herrn Direktor Schindler die Le Chatelier-Probe versucht**). Aus den umfassenden Berichten geht hervor, was auch Butler fand, daß die Probe an verschiedenen Prüfungsstellen keine übereinstimmenden Resultate gibt.

Die Versuche sind dann im Jahre 1910 in erweitertem Umfange fortgesetzt worden.***) Dabei sind sechs Zemente erprobt und die widersprechendsten Ergebnisse sind gefunden worden. Bei den einzelnen Versuchsstellen sind an demselben Zement Schwankungen zwischen 0 und 10·7 mm Nadelausschlag gefunden worden. Der Bericht Schindlers enthält alle Einzelwerte und sorgfältige Aufzeichnungen der Versuchsergebnisse an zehn Versuchsstellen.

Im Königlichen Materialprüfungsamt sind im Jahre 1911 Versuche mit sechs verschiedenen Le Chatelier-Nadeln aus verschiedenem Messing und Kupfer angestellt worden, die gleichfalls

*) Vergl. auch Protokoll des Vereines deutscher Portlandzementfabrikanten, 1911, Bericht des Herrn Dr. Strebel.

**) Vergl. Protokoll der Verhandlungen des Vereines deutscher Portland-Zementfabrikanten, 1910, Seite 144.

***) Vergl. Protokoll 1911, Seite 247.

Digitized by Google

wie die Versuche Butlers bewiesen haben, daß je nach der Art des Metalles und der Herstellung der Nadeln das Versuchsergebnis der Le Chatelier-Probe beeinflußt wird.

Also auch der Apparat an sich ist unsicher und unzuverlässig.

Schließlich hat unter dem Vorsitz des Herrn Dr. Strebel auch der Ausschuß V des deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Tecknik sich eingehend mit der Le Chatelier-Probe beschäftigt, und Dr. Strebel hat seinen Bericht der 12. Hauptversammlung des deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik in Düsseldorf am 7. Oktober 1911 vorgelegt. Die Versuche führten zu folgenden Schlüssen:

1. Es ist erwiesen, daß die Le Chatelier-Probe einen Zement, der im kalten Wasser deutliche Treiberscheinungen zeigte, durch ihre Ergebnisse als raumbeständig bezeichnet hat. Wenn es sich hier auch um einen Zement anormaler Zusammensetzung handelt, so ist der Zement immerhin dem offenen Markte entnommen. Es würde also dem Käufer eines solchen Zementes, der sich auf die Ergebnisse der Le Chatelier-Prüfung verläßt, bei der Verwendung des Zementes in der Praxis Gefahr drohen.

2 Es ist ferner erwiesen, daß die Prüfungsergebnisse des gleichen Zementes an mehreren Versuchsstellen derartig verschieden sind, daß in einer ganzen Reihe von Fällen ein Zement an einer Stelle die Prüfung besteht, an anderen nicht. Die Gefahren, die aus einer solchen Unzuverlässigkeit einer außerordentlich wichtigen Prüfung entstehen, brauchen nicht erst geschildert zu werden. Erschwerend kommt in Betracht, daß bei den ausgeführten Versuchen nur erfahrene Leute die Prüfung ausführten, die mit größter Sorgfalt die vorgeschriebenen Bedingungen erfüllten.

Auf Grund dieser mit allen vorhergehenden Versuchen sich deckenden Ergebnisse stellte der Ausschuß V, dem eine große Reihe der namhaftesten deutschen Zementtechniker, nicht nur Fabrikanten, angehören, beim deutschen Verbande den Antrag, zu beschließen:

1. Der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik lehnt die Le Chatelier-Probe als beschleunigte Raumbeständigkeitsprüfung ab

Digitized by Google

2. Der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik beschließt, beim Internationalen Verbande für die Materialprüfungen der Technik zu beantragen, den in Kopenhagen gefaßten Beschluß, betreffend die Le Chatelier-Probe, zu beseitigen.

In Kopenhagen ließ man durchblicken, daß die deutsche Zementindustrie die Einführung der Le Chatelier-Probe zu scheuen habe und daß darauf der Widerstand der Deutschen gegen diese Probe zurückzuführen sei. Demgegenüber sei darauf hingewiesen, daß bereits 1909 im Laboratorium des Vereines deutscher Portlandzementfabrikanten Prüfungen mit der Le Chatelier-Probe ausgeführt wurden, über die Herr Dr. Framm 1910 berichtete. Nach der englischen Vorschrift soll die Dehnung bei ungelüfteten Zementen nach sechsstündigem Kochen der Probe nicht mehr als 10 mm betragen. Diese Forderung haben von 88 deutschen aus dem Handel aufgekauften, 88 Zementfabriken entstammenden Zementen 83 bestanden, und zwar hatten 79 Zemente eine Dehnung unter 5 mm und nur 4 eine Dehnung zwischen 5 bis 10 mm. Die durchschnittliche Dehnung betrug bei sämtlichen Zementen, einschließlich derjenigen, welche nicht bestanden, nur 3·5 mm. Hieraus dürfte ersichtlich sein, daß man in Deutschland die Einführung der Le Chatelier-Probe, wenn sie zuverlässige Ergebnisse lieferte, nicht zu fürchten braucht, sie wird aber verworfen, weil der Ausfall der Prüfung unsicher ist und in keinem Zusammenhange mit den sonstigen Eigenschaften des Zementes steht.

Auf Grund der vorerwähnten einwandfreien Feststellungen komme ich zu folgenden Schlüssen:

Der Beschluß des Kongresses in Kopenhagen, die Le Chatelier-Probe als beschleunigte Raumbeständigkeitsprobe zu empfehlen, ist sachlich nicht begründet. Die Le Chatelier-Probe ist irreführend und daher zu verwerfen.

Ich beantrage deshalb, dem Antrage des deutschen Verbandes stattzugeben, den in Kopenhagen gefaßten Beschluß aufzuheben und den Auftrag zur Auffindung einer beschleunigten Prüfung für die Raumbeständigkeit von Portlandzement an eine neu einzusetzende Kommission zurückzuverweisen.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XIV3

DIE KOCHPROBE UND DIE VOLUMENBESTÄNDIGKEIT DES PORTLANDZEMENTES BEI TROCKENER LAGERUNG.

Von Prof. **F. Schüle** in Zürich.

Die schweizerischen Normen für die Prüfung hydraulischer Bindemittel schreiben neben der gewöhnlichen Kaltwasserprobe beschleunigte Raumbeständigkeitsproben vor und zwar hat bei Portlandzement die Warmwasserprobe bei 100° C maßgebenden Charakter in allen Fällen der Anwendung des Bindemittels an trockener Luft. Das ist der beim Eisenbetonhochbau häufigere Fall.

L. v. Tetmajer hat bei seinen grundlegenden Untersuchungen von hydraulischen Bindemitteln nichts unterlassen, um den Wert der beschleunigten Proben, speziell der Kochprobe, klarzulegen. Ihm ist es zu verdanken, daß von den Achtzigerjahren an in Zürich Zementkuchen nach ihrem Abbinden in feuchter Luft, Jahre hindurch unter Wasser und an der trockenen Luft aufbewahrt wurden, um durch periodische Revisionen die Zuverlässigkeit der beschleunigten Raumbeständigkeitsproben zu prüfen. Bis zum Jahre 1892 hat er selber die Resultate solcher Revisionen veröffentlicht; auch die seither durchgeführten Revisionen haben die Zuverlässigkeit der Kochprobe als beschleunigtes Verfahren zur Feststellung der Raumbeständigkeit der Portlandzemente bei trockener Luftlagerung bestätigt.

Von 1893 bis 1902 sind in Zürich 2200 Portlandzemente untersucht worden, hievon waren in kaltem Wasser nach 28 Tagen

Digitized by Google

treibrissig: 9, die Kochproben hatten nicht bestanden: 193 Zemente und zwar waren:

145 stark netzrissig, mürbe
48 zerfallen.

Von diesen Zementen waren bei den Revisionen bis im Jahre 1908 an der trockenen Luft: 100 stark treibrissig und mürbe
29 zerfallen

zusammen 129, d. h. 67% der Zemente, welche die Kochprobe nicht bestanden hatten.

Von 1903 bis 1908 sind 1737 Portlandzemente untersucht worden; in der beiliegenden Tabelle sind die Resultate der Kochprobe, der Kaltwasserprobe und der Revision vom Jahre 1910 für die einzelnen Jahre zusammengestellt; es geht hieraus hervor, daß 84 Zemente die Kochprobe nicht bestanden hatten, davon waren 57 netzrissig, mürbe, 27 zerfallen, also 4·9% der Gesamtzahl.

Bei der Revision 1910 waren 25 Zemente zweifelhaft, 10 zerfallen, zusammen 35 durch die Luftlagerung schädlich beeinflußt worden, oder 41·7% der Zemente, welche die Kochprobe nicht bestanden hatten. Von den anderen Zementen war keiner zerfallen, 8 zweifelhaft, 1 netzrissig, mürbe, zusammen 9 oder 0·52% der Zemente, welche die Kochprobe bestanden hatten.

Die Wichtigkeit der Kochprobe geht aus diesen Zahlen mit Deutlichkeit hervor.

Bei den schlechteren Zementen handelt es sich nicht nur um solche mit fehlerhafter Zusammensetzung, welche durch geringe Festigkeiten oder Treiberscheinungen in der Kaltwasserprobe zum Vorschein kommt, sondern auch um solche mit normaler Zusammensetzung, und bei diesen ist es besonders wichtig, nach der Ursache der Zerstörung an der Luft zu fragen.

Unter Wasser geht die Erhärtung vor sich durch Verbindung mit einer mit der Zeit wachsenden Menge Wasser; nach einem Jahre wird, als Mittel aus 3 guten Porlandzementen, die chemische Analyse

11·51% gebundenes Wasser
3·35% Kohlensäure ergeben.

An der Luft sind diese Verbindungen mit denselben Zementen durch folgende Zahlen veranschaulicht:

	nach 3 Tagen	7 Tagen	28 Tagen	1 Jahr
gebundenes Wasser %	6·29	7·17	8·09	5·97
Kohlensäure %	3·50	3·49	3·95	7·71

Digitized by Google

Resultate der Revision 1910 der Volumenbeständigkeitskörper der Portlandzemente von 1903—1908.

Jahr der Prüfung	Anzahl geprüfter Zemente	A Verhalten in der 100°igen Warmwasserbadprobe			Bei der Revision im Kaltwasser treibrissig	Von den Zementen A waren an der trockenen Luft bei der Revision 1910				Zemente, welche die Kochprobe bestanden, jedoch bei der Revision 1910 folg. Verhalten an d. Luft gezeigt haben			
		netzrissig mürbe	zerfallen	total		zweifelhaft	netzrissig mürbe	zerfallen	total	zweifelhaft	netzrissig mürbe	zerfallen	total
1903	278	7	3	10	0	4	0	1	5	1	1	0	2
1904	284	5	2	7	0	1	0	1	2	2	0	0	2
1905	290	3	3	6	2 (schon nach 28 Tagen)	2	0	0	2	0	0	0	0
1906	248	9	2	11	0	6	0	1	7	0	0	0	0
1907	319	18	13	31	1 (schon nach 28 Tagen)	8	0	5	13	3	0	0	3
1908	318	15	4	19	4 (3 schon nach 28 Tagen)	4	0	2	6	2	0	0	2
Zusammen	1737	57	27	84	7	25	0	10	35	8	1	0	9
in %	—	3·3	1·6	4·9	0·4	29·8	0	11·9	**41·7**	0·46	0·06	0	**0·52**

Eidgen. Materialprüfungsanstalt Zürich.

Digitized by Google

Diese Veränderung schreitet weiter; nach Tetmajer zeigten nach mehreren Jahren tadellose Zemente (Durchschnitt von 15 Analysen)

	gebundenes H_2O	CO_2
bei Wasserlagerung	10·44%	2·61%
„ Luftlagerung	2·95%	12·77%

und lufttreibende Zemente (Durchschnitt von 15 respektive 20 Analysen)

bei Wasserlagerung	11·19%	1·60%
„ Luftlagerung	3·59%	9·88%

Ein wesentlich anderes Verhalten läßt sich für die beiden Zementklassen nicht erkennen. An der Luft tritt nach und nach das gebundene Wasser zurück und die zunehmende Kohlensäure verbindet sich mit dem freiwerdenden Kalk. Die Festigkeitsverhältnisse verändern sich dementsprechend; plastisch angemachte Probekörper aus Mörtel 1 : 5 hatten nach zweieinhalb Jahren ein Festigkeitsverhältnis bei Luft und Wassererhärtung von

0·61 für die Biegefestigkeit
0·54 für die Druckfestigkeit.

Der dabei verwendete Portlandzement war auch bei der Kochprobe raumbeständig. Wie tief wird dieses Verhältnis sinken bei Mörtel und Beton aus Zementen, welche die beschleunigte Kochprobe nicht bestanden haben und die chemische Veränderung, die zu gewärtigen ist, nicht auszuhalten vermögen.

Für Bauten im Freien oder unter Wasser oder bei feuchter Lagerung scheint die Kochprobe wenig Bedeutung zu haben; die Ingenieurbauten sind in dieser Beziehung bevorzugt; für Bauteile, welche in trockener Luft zu stehen kommen, wird die Kochprobe einen deutlichen Fingerzeig über die Zuverlässigkeit des Zementes geben.

Diejenigen Zemente, welche bei der Kochprobe mürbe werden, oder zerfallen, sind für letztere Bauteile auszuschließen, wenn auch in den ersten Jahren keine schädlichen Erscheinungen sich zeigen sollten. Die ganze Zukunft des armierten Beton im Hochbau hängt nach Ansicht des Verfassers von der Verwendung solcher Zemente ab, welche an der Luft mit der Zeit keine Zerstörung erfahren. Die beschleunigte Kochprobe bei 100° C gibt für Portlandzemente ein zuverlässiges Mittel zur Ausscheidung zweifelhafter Zemente.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XIV4

ÜBER DIE PRÜFUNG DER HYDRAULISCHEN BINDEMITTEL.

Von **J. Bied**, Viviers (Ardèche).

(Übersetzt von H. Marcus, Berlin.)

I.

Seit nahezu zwanzig Jahren ist in Frankreich die Heißwasserprobe zur Untersuchung hydraulischer Bindemittel in ständigem Gebrauch.

Für die Prüfung werden ganz allgemein die Hülsen mit Zeigervorrichtung nach Le Chatelier verwendet und hiegegen ist bis heute in unserem Lande kein Einwand erhoben worden.

Daher ist es nur erklärlich, daß sich ein französisches technisches Laboratorium mit der Aufgabe befaßt hat, die Bedenken, die der deutsche Bindezeit-Ausschuß und die Herren Strebel in Deutschland und Butler in England gegen dieses Verfahren geäußert haben, einer Prüfung zu unterziehen.

II.

Lassen wir zunächst die Frage unerörtert, ob die Anschwellung des Bindemittels in kaltem Wasser, bevor es in Heißwasser eingetaucht wird, berücksichtigt werden muß oder nicht, eine Frage, die im übrigen von der eigentlichen Prüfung ganz unabhängig ist, so können meines Erachtens, falls ich die diesbezüglichen Veröffentlichungen mit genügender Aufmerksamkeit gelesen haben sollte, alle gegen die Le Chatelier-Heißwasserprobe erhobenen Einwände auf drei Punkte zurückgeführt werden.

Digitized by Google

a) Infolge dieser Prüfung würden Zemente, die sich im kalten Wasser vorzüglich bewährt hätten, abgewiesen werden.

b) Wenn die Prüfung unmittelbar nach der Mahlung vorgenommen wird, so könnte sie die Zulassung von Zementen ermöglichen, die dagegen abgelehnt werden müßten, falls der Versuch erst nach einer Lüftung von zwei oder vier Wochen durchgeführt würde.

c) Schließlich soll die Prüfung angeblich keine Genauigkeit aufweisen und sogar im gleichen oder in verschiedenen Laboratorien wenig übereinstimmende Ergebnisse liefern.

Diese drei Einwände mögen nun der Reihe nach geprüft werden.

III.

Die Le Chatelier-Probe soll zur Ablehnung guter Bindemittel führen.

Hier muß zunächst die Frage richtiggestellt werden, was anscheinend bisher nicht geschehen ist.

Wenn man sich auf einen ganz allgemeinen Standpunkt stellt, so dürfte dieser Vorwurf vielleicht begründet sein. Ich selbst habe in meinem Laboratorium mehrere Monate hindurch Zemente aufbewahrt, die bei der Le Chatelier-Probe eine Ausdehnung von 50 mm erfahren hatten, ohne jedoch in kaltem Wasser die geringste Anschwellung aufzuweisen.

Teilt man dagegen den Standpunkt des Abnehmers, so wird dieser Vorwurf durch die folgenden Gründe widerlegt:

a) Die Le Chatelier-Probe scheint alle schlechten Bindemittel auszuscheiden, und dies ist gerade die Hauptsache

b) Alle technischen Unternehmer, die ihr Fach beherrschen, können ohne merkliche Zunahme der Herstellungskosten Zemente anfertigen, die der Le Chatelier-Probe genügen.

Wenn es auch nicht meine Aufgabe ist, auf die Mittel hinzuweisen, welche zu diesem Ziele führen, so glaube ich doch, daß viele Unternehmer, und sicherlich nicht die unbedeutendsten, meine Ansicht teilen werden.

Unter diesen Umständen dürfte die Frage, ob die Le Chatelier-Probe einige gute Zemente zurückweisen läßt, von den Herstellern überhaupt nicht aufgeworfen werden. Am besten sind die Abnehmer imstande, die Bürgschaften, die ihnen gewährleistet werden müssen,

Digitized by Google

zu beurteilen, und die Aufgabe der Unternehmer muß sich darauf beschränken, den Abnehmern Auskunft über die Herstellungsmöglichkeiten zu erteilen.

Und da im vorliegenden Falle die Anfertigung eines der Le Chatelier-Probe genügenden Zementes ohne Mehrkosten möglich ist, so sind es die Abnehmer allein, und nicht die Hersteller des Zementes, denen meines Erachtens das Wort zukommt.

IV.

Die Tatsache, daß Zemente, die unmittelbar nach der Mahlung keine Anschwellung erfahren, nach der Lüftung hingegen zu quellen beginnen, dürfte von vornherein durch die Wirkung des den Zementen beigefügten Gipses auf deren Kalkaluminate erklärt werden können.

Seit langer Zeit hat Herr Candlot gezeigt, daß Zemente, deren Abbindung durch die Bemischung von Gips verlangsamt wird. nach der Lüftung rasch bindend werden.

Herr Camerman hat auf diese viel zu wenig beachtete Erscheinung zahlreiche Unfälle zurückgeführt.

Die Gesellschaft, zu deren Mitarbeitern ich gehöre, stellt nur starke, kieselhaltige Zemente her, in denen höchstens 2 bis 3% Tonerde vorkommen: es war vorauszusehen, daß Versuche mit diesen Zementen weniger klare Ergebnisse als solche mit normalen Portlandzementen liefern würden. Jedoch sind die Ergebnisse nicht deutlich genug gewesen, um einer Beachtung würdig zu sein.

Ein kieselhaltiger, zur Kontrolle dienender Zement ist mit 1, 2, 3 bis 5% seines Gewichtes mit Gips gemischt worden. Diese Erzeugnisse wurden zunächst sofort nach der Mischung und sodann nach 14tägiger Luftlagerung der Le Chatelier-Probe unterworfen.

Aus jedem Erzeugnis wurden in acht Hülsen Kuchen hergestellt. Die Hülsen waren neu und rührten von der gleichen Lieferung her. Nach der Herstellung wurden die Proben 24 Stunden lang in Wasser von 17° Wärme zwischen zwei Glasscheiben aufbewahrt; daraufhin wurden sie in das kalte Wasser eines Wasserbades eingetaucht, welches in einer halben Stunde auf 95° Wärme erhitzt wurde, und schließlich 4½ Stunden lang in diesem bei der gleichen Temperatur von 95° gehalten.

Digitized by Google

Tafel 1. **Heißwasserproben.**

Einfluß des dem Zement beigemengten Gipses.

	Zement A (Kontroll-versuch)		Zement A mit 1% Gips-beimengung		Cement A mit 2% Gips-beimengung		Zement A mit 3% Gips-beimengung		Zement A mit 5% Gips-beimengung	
	Nr. der Hülsen	Spitzen-entfer-nungen	Nr. der Hülsen	Spitzen-entfer-nungen	Nr. der Hülsen	Spitzen-entfer-nungen	Nr. der Hülsen	Spitzen-entfer-nungen	Nr. der Hülsen	Spitzen-entfer-nungen
Probe unmittelbar nach der Mischung	0	4	9	2	17	2	25	3	33	5
	1	2	10	3	18	3	26	3	34	4
	2	2	11	2	19	3	27	3	35	3
	3	2	12	2	20	3	28	3	36	2
	5	2	13	2	21	3	29	2	37	3
	6	2	14	3	22	3	30	2	38	2
	7	2	15	3	23	3	31	3	39	4
	8	2	16	2	24	3	32	3	40	2
Mittelwerte . .		2·25		2·37		2·87		2·75		3·12
Probe nach 15tägiger Luftlagerung	0	1	8	2	16	2	24	2	32	3
	1	2	9	1	17	3	25	3	33	3
	2	2	10	2	18	3	26	4	34	4
	3	1	11	2	19	3	27	4	35	3
	4	0	12	1	20	2	28	3	36	4
	5	3	13	1	21	3	29	4	37	3
	6	3	14	2	22	3	30	3	38	3
	7	2	15	2	23	3	31	3	39	4
Mittelwerte . .		1·75		1·62		2·75		3·25		3·37

Die in Tafel 1 vereinigten Ergebnisse zeigen, daß durch die Lüftung die Anschwellung des Kontrollzementes sowie der mit 1 bis 2% Gips gemischten Bindemittel vermindert wird; diejenigen Zemente hingegen, denen 3 bis 5% Gips beigemengt sind, erfahren eine stärkere Anschwellung.

Die Zunahme der Anschwellung ist aber zu schwach, um den Versuch als endgültig ansehen zu können. Sie müssen daher ergänzt werden.

V.

Der dritte gegen die Le Chatelier-Probe erhobene Einwand ist der angebliche Mangel an Genauigkeit.

Digitized by Google

Tafel 2. **Heißwasserproben.**

Mittlere Abweichungen bei Hülsen der gleichen Serie.

	Nr. der Hülsen	Entfernung der Spitzen			
		1. Versuch	2. Versuch	3. Versuch	4. Versuch
	0	22	14	13	4
	1	23	13	12	4
	2	21	14	12	5
	3	22	15	12	4
	4	21	14	13	5
	5	21	14	11	5
	6	21	14	11	4
	7	21	14	13	5
	8	22	13	11	4
	9	22	14	13	6
	10	21	13	13	5
	11	21	13	14	4
	12	23	15	13	4
	13	22	14	13	6
	14	21	15	13	4
	15	21	13	13	6
	16	21	14	13	6
	17	23	15	13	5
	18	22	13	13	4
	19	21	14	12	4
	20	22	13	11	5
	21	21	13	12	4
	22	21	13	10	5
	23	22	16	10	4
	24	21	13	10	3
Mittelwerte		21·5	13·6	12·2	4·6
Größte Abweichung		1·5	1·6	2·2	1·6
Größte Abweichung in Teilen v. H.		6·9%	11·7%	18%	34·7%

Es wäre vielleicht interessant, zunächst den Begriff der Genauigkeit näher festzulegen. Niemand zweifelt daran, daß die Le Chatelier-Probe nicht die Genauigkeit aufweist, die Regnault in seinen Arbeiten erstrebte und erreichte, jedoch bliebe es noch zu beweisen übrig, daß die Genauigkeit dieser Probe nicht mindestens ebenso groß ist, als diejenige der anderen üblichen Verfahren zur Prüfung hydraulischer Bindemittel.

Digitized by Google

Um diese Frage zu klären, haben wir mit neuen, der gleichen Lieferung entnommenen Hülsen eine Reihe von Versuchen angestellt und die folgenden Einflüsse erforscht:

a) Den Einfluß der Breite der Lötstellen zwischen Zeigern und Hülsen;

b) den Einfluß des Alters der Hülsen oder vielmehr ihres Abnützungsgrades;

c) den Einfluß der Art der Aufbewahrung;

d) den Einfluß des Zeitraumes zwischen dem wirklichen Ende des Abbindens und dem Eintauchen in Heißwasser.

In Tafel 2 sind die Ergebnisse einer Versuchsreihe mit 25 neuen Hülsen und vier verschiedenen Erzeugnissen zusammengestellt. Die größte Abweichung im Vergleiche zum Durchschnittswert ist nicht beträchtlicher als die Abweichungen, welche sich bei den normalen Prüfungen der hydraulischen Bindemittel ergeben. Dabei ist noch zu beachten, daß nur bei schwachen Anschwellungen diese Abweichung verhältnismäßig bedeutend erscheint, ein Umstand, der vollkommen belanglos ist und durch die ständigen Ablesungsfehler zu erklären ist.

a) Wie leicht vorauszusehen war, sind die Hülsen mit langen und starken Lötstellen steifer als diejenigen mit kurzen Lötstellen und zeigen daher beim selben Zement geringere Anschwellungen.

Nachstehend sind die Versuchsergebnisse bei gleichalterigen Hülsen mitgeteilt; die Abweichungen sind weit weniger beträchtlich, als man zunächst annehmen würde.

	Kleine Lötstellen	Große Lötstellen
Durchschnittswert von 10 Hülsen Probe A . . .	34·1	32·5
„ „ 5 „ „ A′ . .	41·2	38·4
„ „ 5 „ „ B . . .	2	2
„ „ 5 „ „ C . . .	6	3·6
„ „ 5 „ „ D . . .	9·8	7·4

b) Die verbrauchten Hülsen liefern gleichfalls für dasselbe Erzeugnis stärkere Anschwellungen als neue Hülsen. Aus Zeitmangel konnte ich leider nicht feststellen, ob diese Erscheinung durch die Verdünnung oder einfach durch ein neues Ausglühen

Digitized by Google

Tafel 3. **Heißwasserproben.**

Einfluß der Aufbewahrungs- nnd Behandlungsart.

Zement A

Süßwasser								Feuchte Luft							
Wasserbad				Siedendes Wasser				Wasserbad				Siedendes Wasser			
5 Std.		3 Std.		5 Std.		3 Std.		5 Std.		3 Std.		5 Std.		3 Std.	
Nr. der Hülsen	Spitzen-entfrg.	Nr. der Hülsen	Spitzen-entfrg.	Nr. der Hülsen	Spitzen-entfrg.	Nr. der Hülsen	Spitzen-entfrg.	Nr. der Hülsen	Spitzen-entfrg.	Nr. der Hülsen	Spitzen-entfrg.	Nr. der Hülsen	Spitzen-entfrg.	Nr. der Hülsen	Spitzen-entfrg.
0	22	6	22	36	21	42	22	12	22	18	20	24	21	30	22
1	22	7	22	37	22	43	21	13	23	19	22	25	23	31	23
2	22	8	22	38	22	44	21	14	23	20	22	26	23	32	20
3	22	9	21	39	22	45	21	15	21	21	23	27	22	33	22
4	22	10	22	40	22	46	22	16	22	22	23	28	23	34	21
5	21	11	22	41	21	47	21	17	22	23	22	29	23	35	21
Mittelwerte	21·8		21·8		21·6		21·3		22·1		22		22		21

Bindezeit:

Anfang . . . . . 4 Uhr
Ende . . . . . 10 Uhr

Zement B

0	3	7	2	25	4	31	3	13	0	19	3	37	1	43	3
1	2	8	2	26	3	32	3	14	1	20	3	38	1	44	3
2	3	9	3	27	4	33	4	15	1	21	3	39	3	45	3
3	3	10	3	28	2	34	3	16	2	22	3	40	3	46	1
5	2	11	2	29	2	35	3	17	3	23	1	41	1	47	1
6	2	12	2	30	2	36	4	18	3	24	2	42	4	48	3
Mittelwerte	2·5		2·3		2·8		3·3		1·6		2·5		2·1		2·3

Bindezeit:

Anfang . . . . . 6 Uhr
Ende . . . . . 15 Uhr

Digitized by Google

des Metalles infolge des ständigen Gebrauches erklärt werden kann. In der nachstehenden Zusammenstellung sind als sehr häufig gebrauchte Hülsen diejenigen bezeichnet, die seit mehr als vier Jahren in meinem Laboratorium verwendet werden und mit denen 1000 Prüfungen bereits durchgeführt worden sind; mäßig gebrauchte Hülsen sind diejenigen, die länger als zwei Jahre und bei 500 Proben benutzt wurden; schließlich sind unter neuen Hülsen diejenigen zu verstehen, die seit weniger als einem Jahre und nur für 100 Prüfungen im Gebrauch sind.

	Sehr häufig gebrauchte Hülsen	Mäßig gebrauchte Hülsen	Neue Hülsen
Probe E	51	5·02	3·82
„ F	5	3·25	1·2
„ G	5·25	5·3	3·4
„ H	9·8	9·6	9

c) Wir haben zwei Aufbewahrungsarten vor dem Eintauchen in Heißwasser geprüft:

1. Die Hülsen werden 24 Stunden lang zwischen zwei Glasscheiben in Süßwasser aufbewahrt.

2. Die Hülsen lagern 24 Stunden in feuchter Luft.

Für jede dieser Aufbewahrungsarten sind auch vier verschiedene Eintauchungsverfahren versucht worden:

a) 3 Stunden in siedendem Wasser;

b) 5 Stunden in siedendem Wasser;

c) 3 Stunden in einem Wasserbad mit siedendem Wasser von 95° Wärme.

d) 5 Stunden in einem Wasserbad mit siedendem Wasser von 95° Wärme.

In Tafel 3 sind alle Ergebnisse zusammengefaßt.[1])

e) Schließlich ist der Einfluß der Zeitpunkte, zu welchen die Proben in Heißwasser eingetaucht werden, untersucht worden.

Im allgemeinen pflegt man erst 24 Stunden nach dem Anrühren die Proben einzutauchen. Man könnte jedoch voraussehen,

[1]) Bei diesen vier Eintauchungsarten wurden die Hülsen in kaltes Wasser gelegt und dann wurde die Temperatur möglichst rasch, in 20 oder höchstens 30 Minuten auf 100 oder 95° gebracht. Die Zeit wurde von dem Augenblick des Eintauchens der Hülsen ab berechnet, das Verweilen in siedendem Wasser oder in einer Wärme von 95° dauerte also $2^1/_2$, bzw. $4^1/_2$ Stunden.

Digitized by Google

Tafel 4. **Heißwasserproben.**

Untersuchungen über den Einfluß der Wärmebehandlung bei verschiedenen Zeiten nach dem Abbinden.

Kalk A

Unmittelbar nach d. Abbinden		5 Stunden nach dem Abbinden		10 Stunden nach dem Abbinden		20 Stunden nach dem Abbinden	
Nr. der Hülsen	Spitzenentfrng.	Nr. der Hülsen	Spitzenentfrng.	Nr. der Hülsen	Spitzenentfrng.	Nr. der Hülsen	Spitzenentfrng.
0	9	11	10	21	8	31	5
1	9	12	10	22	8	32	5
2	10	13	11	23	8	33	6
3	9	14	10	24	8	34	5
5	10	15	10	25	9	35	6
6	9	16	10	26	9	36	5
7	9	17	10	27	9	37	6
8	10	18	10	28	8	38	5
9	9	19	9	29	8	39	6
10	10	20	9	30	7	40	5
Mittelwerte	9·4		9·9		8·2		5·4

Bindezeit: Anfang 7h 30 — Ende 23h 30

Zement A

Unmittelbar nach d. Abbinden		5 Stunden nach dem Abbinden		10 Stunden nach dem Abbinden		20 Stunden nach dem Abbinden	
Nr. der Hülsen	Spitzenentfrng.	Nr. der Hülsen	Spitzenentfrng.	Nr. der Hülsen	Spitzenentfrng.	Nr. der Hülsen	Spitzenentfrng.
0	3	9	3	17	2	25	3
1	2	10	3	18	2	26	3
2	3	11	2	19	1	27	3
3	2	12	2	20	2	28	3
5	3	13	3	21	2	29	3
6	3	14	3	22	3	30	4
7	3	15	2	23	3	31	2
8	2	16	3	24	2	32	2
Mittelwerte	2·8		2·8		2·1		2·8

Bindezeit: Anfang 4h 40 — Ende 10h

Kalk B

0	22	11	19	21	15	31	7
1	22	12	17	22	16	32	6
2	22	13	18	23	16	33	7
3	21	14	17	24	15	34	8
5	21	15	17	25	16	35	7
6	21	16	17	26	16	36	6
7	21	17	17	27	15	37	7
8	21	18	17	28	15	38	7
9	23	19	16	29	15	39	8
10	23	20	18	30	16	40	7
Mittelwerte	21·7		17·3		15·5		7·0

Bindezeit: Anfang 5h 10 — Ende 13h

Kalk C

0	10	12	7	22	6	32	2
1	11	13	6	23	7	33	2
2	10	14	7	24	6	34	2
3	14	15	8	25	5	35	2
5	12	16	8	26	5	36	3
6	14	17	6	27	6	37	3
7	11	18	6	28	6	38	2
8	10	19	6	29	6	39	2
9	11	20	7	30	5	40	2
10	10	21	8	31	5	41	2
Mittelwerte	11·3		6·9		5·7		2·2

Bindezeit: Anfang 6h 15 — Ende 16h

Digitized by Google

daß sich die Ergebnisse, je nach der Zeit, welche zwischen dem sicher beobachteten Ende des Abbindens und dem Eintauchen der Probe in Heißwasser verstreicht, ändern werden. Wir haben mit Erzeugnissen von verschiedener Erhärtungsdauer vier Versuche durchgeführt (Tafel 4).

VI.

Aus dieser Versuchsreihe können wir die folgenden Schlüsse ziehen: Die Gestalt der Lötstellen, das Alter der Hülsen oder vielmehr ihr Abnützungsgrad üben auf die Ergebnisse einen Einfluß aus; die Art des Eintauchens ist wenig von Belang, dagegen ist der Einfluß des Zeitraumes zwischen dem wirklichen Ende des Abbindens und dem Eintauchen der Probe in Heißwasser sehr beträchtlich, wenigstens wenn es sich um Erzeugnisse, deren anfängliche Erhärtung sich etwas langsam vollzieht, handelt.

Es ist in der Tat eine kennzeichnende Eigenart der Le Chatelier-Probe, daß sie nicht in einem bestimmten Zeitpunkte das Maß der vollkommenen Anschwellung angibt, sie liefert nur einen Hinweis über den Unterschied zwischen der Anschwellungskraft und dem Widerstande, den der Zement gegen diese Anschwellung vermöge seiner anfänglichen Erhärtung leistet. (Vergl. die Mitteilung des Verfassers vom 31. Mai 1902, Berichte über den Vergleich der Heißwasserprobeverfahren.)

Dürfte aber nicht gerade diese Tatsache die Einwände rechtfertigen, die gegen die übertriebene Strenge der Le Chatelier-Probe erhoben werden? Um diesem Umstande Rechnung zu tragen, würde es einfach genügen, die Frage zu erörtern, ob die Frist von 24 Stunden nach dem Anrühren sich für alle Fälle eignet, ob ferner diese Vorschrift nicht manchmal zu streng ist und ob schließlich, wenn die Le Chatelier-Heißwasserprobe erst nach 36 oder 48 Stunden vorgenommen wird, der Nachteil der Zurückweisung von Zementen, die in kaltem Wasser beständig sind, noch bestehen könnte. Übrigens hat unseres Erachtens der Zeitraum, nach welchem das Eintauchen in Heißwasser erfolgen soll, mit dem eigentlichen Werte der Prüfung nichts zu tun. Es ist die Aufgabe jedes Abnehmers, für jede Art Lieferung die Aufbewahrungszeit anzugeben, nach welcher die Le Chatelier-Probe vorgenommen werden soll.

Da andererseits die Versuchsergebnisse den geringen Einfluß der Art der Behandlung, der Aufbewahrung und der Eintauchung

Digitized by Google

der Proben in Heißwasser klar beweisen und da sich auch eine völlige Übereinstimmung bei Hülsen aus der gleichen Lieferung zeigt, so hat man nach unserem Ermessen das Recht, zu behaupten, daß die Le Chatelier-Probe eine durchaus ausreichende Genauigkeit für die Praxis aufweist und daß ihre Anwendung leicht und bequem ist. Bezüglich der Gestalt der Lötstellen wäre eine vorschriftsmäßige Festlegung außerordentlich leicht zu erzielen und ebenfalls ließe sich sehr einfach der für die Außergebrauchsetzung der Hülsen maßgebende Abnützungsgrad bestimmen.

VII.

Unter diesen Umständen muß man sich die Frage stellen, wie es möglich ist, daß der deutsche Bindezeit-Ausschuß zu Ergebnissen gelangt ist, die sich von den unserigen so wesentlich unterscheiden.

Wenn man allerdings die von diesem Ausschusse veröffentlichten Tafeln (§ 252 und 253 des Protokolls) näher betrachtet, so scheint es möglich, Schlüsse zu ziehen, die den vom Ausschusse gezogenen ganz entgegengesetzt sind.

Bei einer Durchsicht der Tafeln fällt in der Tat eine Eigenart auf, nämlich, daß alle Kurven die gleiche Gestalt aufweisen. Beispielsweise gibt das Laboratorium L die Größtwerte für alle Erzeugnisse an, während das Laboratorium S die Kleinstwerte liefert.

Hieraus geht hervor, daß in allen Laboratorien ein systematischer Fehler begangen worden sein muß. Da dieselben Prüfungsverfahren von allen Laboratorien benützt worden sind, da ferner, wie wir soeben gesehen haben, das Vorkommen derartig abweichender Ergebnisse nicht auf die Ungenauigkeit der Prüfung zurückgeführt werden kann, so muß die Fehlerursache anderweitig gesucht werden.

Diese Ursache liegt nach unserer Meinung in der Tatsache, daß, wenn auch die Zemente vorsichtigerweise den verschiedenen Laboratorien in gelöteten Kästen zugestellt worden sind, eine genaue Angabe über den Tag der Prüfung unterlassen worden ist. Dieser Tag hätte für alle Anstalten derselbe sein müssen.

Es ist in der Tat allen Zementherstellern bekannt, daß quellende Bindemittel, in gelöteten Kästen aufbewahrt, ihre Anschwellung manchmal sogar sehr rasch verlieren. Es ist hiezu nur notwendig, daß sie kleine Wassermengen als Feuchtigkeit oder in

Digitized by Google

Tafel 5. **Heißwasserproben.**

Einfluß der Lüftungsdauer der Zemente.

	Zement A					Zement B				
	Nr. der Hülsen	Versuche mit der gleichen Probe am				Nr. der Hülsen	Versuche mit der gleichen Probe am			
		1. Dez. 1911	4. Dez. 1911	6. Dez. 1911	11. Dez. 1911		1. Dez. 1911	4. Dez. 1911	6. Dez. 1911	11. Dez. 1911
	25	27	15	8	8	0	22	14	13	4
	26	27	15	8	9	1	23	13	12	4
	27	23	15	8	9	2	21	14	12	5
	28	27	15	11	8	3	22	15	12	4
	29	28	15	14	7	4	22	14	13	5
	30	26	15	13	8	5	21	14	11	5
	31	26	15	13	7	6	21	14	11	4
	32	26	15	13	7	7	21	14	13	5
	33	24	14	13	8	8	22	13	11	4
	34	26	15	14	7	9	22	14	13	6
	35	26	15	14	8	10	21	13	13	5
	36	25	15	12	7	11	21	13	14	4
	37	27	17	12	7	12	23	15	13	4
	38	26	18	10	7	13	22	14	13	6
	39	26	17	12	8	14	21	15	13	4
	40	26	17	14	8	15	21	13	13	6
	41	26	17	12	7	16	21	14	13	6
	42	26	17	12	7	17	23	15	13	5
	43	26	16	12	8	18	22	13	13	4
	44	26	16	12	7	19	21	14	12	4
	45	27	16	12	7	20	22	13	11	5
	46	27	16	13	8	21	21	13	12	4
	47	25	16	12	7	22	21	13	10	5
	48	24	16	13	8	23	22	16	10	4
	49	24	16	13	7	24	21	13	10	3
Mittelwerte		25·8	15·7	12	7·56		21·5	13·6	12·2	4·6

Verbindung mit sauren Silikaten enthalten; diese Mengen genügen, um den noch vorhandenen ungelöschten Kalk zu löschen. Da die Dissoziationsspannung des Kalkhydrates bei der gewöhnlichen Temperatur sehr schwach ist, so bindet sich das Wasser mit dem ungelöschten Kalk.

Wenn man die Temperatur des Zementes erhöht, so vollzieht sich diese Erscheinung sehr rasch (bei 100° in weniger als zwei Stunden).[1])

[1]) Es ist selbstverständlich erforderlich, daß die Zemente in irgendeiner Form das zur Hydratisierung des Kalkes notwendige Wasser enthalten, wenn sie in gelöteten Kästen jegliche Anschwellung verlieren sollen. Ist dieses Wasser nicht vorhanden, so bleiben die Zemente unbegrenzt anschwellend. Ohne sorgfältige Versuche ist es von vornherein unmöglich, zu wissen, ob ein quellender Zement seine Anschwellung verlieren wird oder nicht.

Digitized by Google

Ich habe mich entschlossen, einige Versuche hierüber durchzuführen, aus denen sich klare Schlußfolgerungen ziehen lassen.

Zemente, in gelöteten Kästen, im Kühlen aufbewahrt.

Datum	1. Versuch 1. Oct. 1911	2. Versuch 4. Oktober	3. Versuch 6. Oktober	4. Versuch 11. Oktober
Zement A	25·8 mm	15·7 mm	12·00 mm	7·56 mm
Zement B	21·5 mm	13·6 mm	12·20 mm	4·60 mm

Ein Unterschied von wenigen Tagen im Zeitpunkte der Prüfungen kann also, auch wenn das Bindemittel in gelöteten Kästen aufbewahrt wird, zu wesentlich verschiedenen Ergebnissen führen. (Tafel 5.)

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XIV 5

BEWÄHRUNG KOCHUNBESTÄNDIGER ZEMENTE IN DER PRAXIS.

Von Prof. **M. Gary**, Berlin-Lichterfelde.

Im Jahre 1896 hat eine besondere deutsche Kommission unter Mitwirkung des Königl. Materialprüfungsamtes 10 Portlandzemente näher untersucht, die den damals bekannten sogenannten „beschleunigten Proben auf Raumbeständigkeit" nicht genügten.[1])

Die Zemente wurden sehr eingehend untersucht und auch neben der Normenprobe folgenden Prüfungen unterworfen:

1. der Darrprobe bei 100° C;
2. der Heintzelschen Kugelprobe;
3. der Kochprobe nach Michaelis;
4. der Kugelkochprobe nach v. Tetmajer;
5. der Heißwasserprobe nach Maclay;
6. der Preßkuchenprobe nach Prüssing.

Alle 10 Zemente haben diese Proben mehr oder weniger schlecht bestanden, insbesondere sind sie bei der Kochprobe entweder völlig zerkocht, oder sie haben starke Kanten- oder Netzrisse erlitten. Besonders schlecht bewährt haben sich bei den beschleunigten Proben die Marken A (völlig zerkocht), B, F, J und U.

Um nun auch das Verhalten dieser Zemente gegen Witterungseinflüsse in einer Anwendungsweise zu beobachten, wie sie praktisch üblich ist, wurden im März und im Mai 1896 von der Firma Dyckerhoff&Widmann in Amöneburg aus den zehn ihr übermittelten Zementen sofort nach deren Ankunft hergestellt:

---

[1]) Vergleich: „Mitteilungen aus den Königlich Technischen Versuchsanstalten" 1899. Ergänzungsheft I, Jul. Springer, Berlin.

Digitized by Google

1. je zwei Medaillons von 29·5 cm Durchmesser und 3 cm Kantenhöhe;

2. je zwei Rosetten von 24·5 cm Durchmesser und 5 cm Kantenhöhe;

3. je zwei Kanalverschlußdeckel von 21 cm Durchmesser und 3 cm Kantenhöhe.

Die Probekörper sind von geübten Leuten aus sogenanntem Vorguß aus einem Teil Zement und einem Teil feinen Rheinsand, Nachguß aus einem Teil Zement und zwei Teilen groben Rheinsand und darauf gestampftem Beton aus einem Teil Zement und vier Teilen Kiessand (alle Mischungen in Raumteilen) in Gips- oder Leimformen hergestellt. Je ein Probestück blieb drei Tage im geschlossenen Raum, wurde während dieser Zeit feucht gehalten und kam dann ins Freie (T). Die übrigen drei Probestücke blieben unter beständiger Feuchthaltung 28 Tage im geschlossenen Raum und kamen hierauf ebenfalls ins Freie (W). Alle Proben waren zu dieser Zeit gut erhärtet, fest und rißfrei. Später haben sich jedoch, wie jährliche Besichtigungen bis zum Jahre 1898 ergaben, beim Lagern im Freien mehrfach feine Risse gebildet, die durch die fette Oberschicht hindurchgingen. Es war das damals übliche Verfahren zur Herstellung von Zementwaren, welches wegen der fetten Vorgußschicht besonders leicht zur Rißbildung infolge Schwindens führte, namentlich, wenn die Proben im geschlossenen Raum längere Zeit feucht gehalten wurden und dann austrocknen konnten. Die W-Proben wiesen deshalb die meisten Risse auf. Namentlich an den Rändern der Rosetten traten einzelne Kantenrisse auf, die dadurch zu erklären sind, daß die Verteilung der Masse in diesen Rändern besonders ungünstig ist, da sich der vorspringende Rand, der mehr als andere Stellen von dem Vorguß aufsaugt, nach hinten zu stark verdickt, so daß an diesem Rande schädlich wirkende Oberflächenspannungen bei jedem Wärme- und Feuchtigkeitswechsel auftreten müssen.

Nach etwa zwei Jahren haben sich in der Oberhaut einzelner Kanaldeckel der Zemente G, H, I, L und U Risse gezeigt, und zwar schien es, als ob die Mahlung der Zemente auf die Neigung zur Bildung von Haarrissen von Einfluß ist. Die vier gröbsten Zemente C, G, I und L haben im ganzen die wenigsten Risse ergeben, wodurch die allgemeine Erfahrung bestätigt wird, daß Zemente von gröberer Mahlung weniger zur Bildung von Schwindrissen neigen als sehr fein gemahlene Zemente.

Digitized by Google

Es unterliegt keinem Zweifel und war schon 1898 aus der ganzen Art der Risse zu schließen, daß es sich tatsächlich nicht um Treibrisse, sondern um Schwindrisse der Oberhaut handelt, die auf rasche Austrocknung der fetten Oberfläche zurückzuführen sind, wie denn auch bekanntlich die meisten Zementwaren, die früher durchwegs in den äußeren Schichten aus fetten Zementmischungen hergestellt wurden, im Freien verhältnismäßig schnell sich mit feinen netzförmig verlaufenden Haarrissen überziehen. Man kann das besonders gut an Zementröhren beobachten, deren Oberflächen mit reinem Zement eingeschlämmt worden sind. In neuerer Zeit vermeidet man diesen Schönheitsfehler, indem man auf die fette Oberhaut verzichtet.

Wie in dem ersten Berichte über die Versuche (zu vergleichen das erwähnte Sonderheft der Mitteilungen aus den Königl. Technischen Versuchsanstalten zu Berlin, 1899) hervorgeht, haben schon damals — nach $2^1/_2$ Jahren — Zahl und Stärke der an den beobachteten Gegenständen aufgetretenen Risse keinerlei Abhängigkeit zu dem Verhalten der Zemente bei den beschleunigten Raumbeständigkeitsproben gezeigt. Abgesehen von den beobachteten feinen Haarrissen, sind sämtliche Zementgegenstände nach fast dreijähriger Beobachtungsdauer gut als erhärtet, scharfkantig und wohlerhalten befunden worden. Sie haben dann auf einem Dache der Portlandzementfabrik Dyckerhoff & Söhne in Amöneburg, unter einem Winkel von etwa 45^0 geneigt, allen Witterungseinflüssen ausgesetzt, gelagert, sind nach einigen Jahren erneut untersucht worden und haben auch damals keine wesentlichen Änderungen gezeigt.

Im Jahre 1907 wurden die Gegenstände in das Königl. Materialprüfungsamt überführt, auf dessen Verwitterungsplatz sie noch gegenwärtig lagern. Sie liegen dort horizontal, derart, daß Schnee und Regen unmittelbar die Oberfläche treffen und daß z. B. der Regen namentlich in den hohlen Rosetten und in den Vertiefungen der Medaillons oft tagelang stehen bleibt. Infolge des starken Säuregehaltes der Luft in der Umgebung des Materialprüfungsamtes und zufolge dieser horizontalen Lagerung ist bei fast allen Proben die haarrissige Oberhaut mit den Haarrissen allmählich weggeätzt worden und es kommt nunmehr die körnige, weniger fette Nachgußschichte wohlerhalten zutage, in der keinerlei Risse zu beobachten sind.

Die sorgfältige Untersuchung der Proben am 7. August 1912 lieferte bezüglich der sichtbaren Beschädigungen folgende Ergebnisse:

Digitized by Google

Zement:

A. Vorguß größtenteils weggeätzt; Kantenrisse nicht mehr sichtbar;

B. Vorguß nur zum kleinen Teil weggeätzt; ein feiner Riß in der Kante der Rosette W noch vorhanden;

C. Vorguß an den erhobenen Stellen größtenteils weggeätzt; ein feiner Riß in der Kante der Rosette W;

D. alter Riß im Arm des Medaillons W mit Oberschicht, die an dieser Stelle erhalten, sonst meist weggeätzt ist;

F. Haarrisse mit Vorguß verschwunden; einige Kantenrisse in den Rosetten;

G. Vorguß etwa zur Hälfte weggeätzt, Risse verschwunden;

H. Desgleichen. Nur noch ein Kantenriß in der Rosette;

J. Vorguß größtenteils weggeätzt; alle Risse verschwunden;

L. Desgleichen;

N. Vorguß etwa zur Hälfte weggeätzt, alle Haarrisse verschwunden, nur in den Rosetten noch einige Kantenrisse.

Die Gegenstände sind sämtliche photographiert worden, auf den Bildern ist aber von den erwähnten, noch vorhandenen Rissen nichts zu sehen. Sie können nur von einem geübten Auge nach längerem Suchen entdeckt werden.

Das Verschwinden des größten Teiles der Risse mit dem Vorguß beweist, daß die Annahme der Schneidrissigkeit richtig war, und daß es sich von vornherein nicht um Risse handelte, die etwa auf Treibneigung der verwendeten Zemente zurückzuführen waren.

Jedenfalls haben sich, das sei ausdrücklich festgestellt, im großen und ganzen diese sehr empfindlichen, den stärksten Witterungseinflüssen ausgesetzten Proben während der 16jährigen Beobachtungsdauer ausgezeichnet erhalten, Treiberscheinungen sind nirgends aufgetreten.

Die Proben haben den unumstößlichen Beweis erbracht dafür, daß die bisher vorgeschlagenen sogenannten beschleunigten Raumbeständigkeitsproben, insbesondere die Kochprobe, ungeeignet sind, um zu entscheiden, ob ein Zement praktisch verwertbar ist oder nicht.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XV1

AUFSUCHUNG EINES VERFAHRENS ZUR BESTIMMUNG DES FEINSTEN MEHLES IM PORTLAND-ZEMENT.

Kommissionsbericht zur Aufgabe 30, von Prof. **M. Gary**, Berlin-Lichterfelde W.

Dem V. Kongreß des Internationalen Verbandes in Kopenhagen 1909 habe ich einen, bestimmte Vorschläge enthaltenden Bericht über die Aufgabe 30 vorgelegt und Herr Mayntz-Petersen, Kopenhagen, hat diesen Bericht durch eigene Versuche ergänzt.

Beide Berichte stützen sich auf besondere Verfahren zur Windsichtung des feinsten Zementstaubes.

Am 30. Jänner 1909 hat sich die »Réunion des Membres Français et Belges de L'Association Internationale pour L'Essai des Matériaux de Construction, Section des Ciments« mit der Frage beschäftigt und einen Bericht des Herrn Feret entgegengenommen, in welchem dieser die vorgeschlagenen Verfahren der Windsichtung für verbesserungsbedürftig erklärt, ohne indessen eigene Vorschläge für Änderung der Verfahren zu machen.

In Kopenhagen wurde im Jahre 1909 beschlossen, die Arbeiten fortzusetzen; es war indessen auch dort nicht möglich, dafür ein bestimmtes Programm aufzustellen, sondern es mußte den Mitgliedern der Kommission überlassen werden, selbständig zu forschen und insbesondere festzustellen, welches von den beiden der vorgeschlagenen Verfahren (Gary-Lindner oder Mayntz-Petersen) den Vorzug verdient oder ob es zweckmäßig ist, beide Verfahren der Windsichtung abzulehnen und durch ein anderes, zuverlässigeres oder einfacheres Verfahren zu ersetzen.

Digitized by Google

Die Kommission hatte folgende Zusammensetzung:

Präsident: M. Gary.

Mitglieder: A. Dyckerhoff, Biberich a. Rh.; A. Mesnager, Paris; R. Feret, Boulogne s. M.; Mayntz-Petersen, Kopenhagen; Eidg. Materialprüfungsanstalt, Zürich.

Am 10. Mai, bzw. 6. Oktober und 6. Dezember 1910 sind folgende Herren in die Kommission neu eingetreten:

Herr A. Hauenschild, Direktor der Union-Zementfabrik in Beocsin (Ungarn),

Herr C. W. Sharrock, the Wouldham Cement Company Ltd. Lion Works, West Thurrock, Essex (England),

Herr W. J. Cooper, the South Wales Portland Cement Lime Comp. Ltd., Penarth, South Wales (England),

Herr Henry S. Spackmann, Engineering Company Philadelphia Pa, 42 North Sixteenth Street,

Herr O. von Blaese, Zementfabrik Portkunda, Rußland (über Wesenberg, Baltische Eisenbahn).

Die Herren sind zur Mitarbeit aufgefordert worden. Herr Hauenschild und Herr Cooper sowie Herr von Blaese haben diese zugesagt, Beiträge bisher aber nicht geliefert. Schließlich hat Herr S. B. Newberry, Sandusky Portland Cement Co., Sandusky, Ohio. mitgeteilt, daß er Versuche anstellen werde, aber über diese ebenfalls noch nicht berichtet.

Eine Mitteilung über meine Vorschläge ist in der Zeitschrift „The Cement Record" im Oktober 1910 erschienen und in der Zeitschrift „Meddelelse fra Statsproeveanstalten", Kopenhagen, hat Herr Mayntz-Petersen über von ihm angestellte neuere Versuche im Zusammenhang mit einer Besprechung meiner Arbeit und seiner älteren Versuche berichtet. Ein Auszug aus diesem Bericht wird dem Internationalen Verbande hierbei vorgelegt.

Außerdem hat Herr Professor Schüle in Zürich in der Sitzung der schweizerischen Mitglieder des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik am 20. Dezember 1912 sich mit der Bedeutung des feinsten Mehles im Portland-Zement beschäftigt (Nr. 6 der Mitteilungen 1910).

Herr Professor Schüle hat eigene Versuche ausgeführt und sich der großen Mühe unterzogen, mittels des Gary-Lindnerschen Apparates so große Mengen der einzelnen Körnerfraktionen zu gewinnen, daß er damit chemische und Festigkeitsversuche anstellen

Digitized by Google

konnte. Aus den interessanten Ergebnissen ist besonders die Beobachtung hervorzuheben, daß die groben Körner im Zement wesentlich nur als Sand wirken und infolgedessen geringere Festigkeiten liefern.

Schüles Assistent, Herr H. Sattler, hat unter dem Mikroskop die Größe der vier Körnerfraktionen gemessen und charakteristische Unterschiede gefunden.

Als Mangel des Verfahrens ist zu bezeichnen, daß der Windsichter nicht ausschließlich nach Größe, sondern auch nach Schwere, vielleicht auch nach Oberflächenbeschaffenheit der Körner sichtet. Es ist aber auch möglich, daß die leichtesten Teile (z. B. der Gips) in dem Gemisch von Körnern sich leichter fein mahlen als der gesinterte Klinker, und daß daher die durch Schüle festgestellte Anreicherung an $CaSO_4$ im feinsten Staube herrührt.

Auch die Arbeit von Professor Schüle wird dem Verbande hierbei übergeben und schließlich auch eine Arbeit von Herrn Feret, Bologne.

Es wird versucht werden, über die teilweise auseinandergehenden Meinungen über die Zweckmäßigkeit der vorgeschlagenen Verfahren bei Gelegenheit der Tagung des Kongresses in New-York eine Einigung herbeizuführen, um dem nächsten Kongreß ganz bestimmte Vorschläge unterbreiten zu können.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XV 2

UNTERSUCHUNG DER WINDSICHTUNG

als Mittel zur quantitativen Bestimmung der feinsten, in pulverartigen Substanzen enthaltenen Partikeln.

Von **R. Feret** in Boulogne-sur-mer.

(Übersetzt von Wagener.)

Die Unmöglichkeit, äußerst feine Siebe von entsprechender Regelmäßigkeit und genau bestimmter Maschengröße zu erhalten, hat seit langem die Forscher veranlaßt, zu versuchen, die verschiedenen Kategorien Körner durch Abscheidung in strömenden Gasen oder Flüssigkeiten zu trennen. Im großen Maßstabe wurde dieses Prinzip in gewissen Industriezweigen, hauptsächlich zur Aufbereitung von Erzen[1]) angewandt. Es wurde ebenfalls in den Laboratorien zu quantitativen Bestimmungen verwendet, wie dies die älteren Wasserschlemmapparate für Erden und Tone von Schulze, Schütze und Schöne, sowie die durch Herrn Thoulet zum Zweck ozeanographischer Studien ausgeführten Untersuchungen, die sowohl durch Luftsichtung wie auch durch Schlemmung erfolgten, beweisen. Ich habe seit 1889 zur Prüfung der Feinheit der Zemente einen Apparat angewendet, welcher auf der Wirkung eines Wasserstromes beruht; zu demselben Zwecke verwendete Michaelis (1895) absoluten Alkohol; endlich, gegen 1900, hat Herr Goreham sein „Flurometer" erfunden, bei dem die Scheidung der Körner mittelst eines Luftstromes erzielt wurde.

Auf diesem Punkte stand die Frage bei Zusammentritt des Budapester Kongresses (September 1901), zufolge dessen Beschlusses

---

[1]) Der Windseparator von Munford und Moodie wurde vor 1890 in die Zementindustrie eingeführt.

Digitized by Google

der Internationale Verband eine Kommission ernannte, welche beauftragt war, die Frage eingehender zu studieren und eine einfache Vorrichtung zur Bestimmung des feinsten Mehles in den Zementen ausfindig zu machen. Mit Unrecht also beansprucht Herr Gary, Präsident dieser Kommission, in seinen beiden, den Kongressen von Brüssel und Kopenhagen vorgelegten Berichten die Priorität auf diese Versuchsarten für die Königliche Versuchsanstalt in Berlin-Lichterfelde. Seither wurden neue Apparate erfunden, wovon die einen auf der Verwendung von Flüssigkeiten beruhen, wie die von Lundteigen, von Clifford Richardson, von Booth, Garrett und Blair, von Parmelee und Moore (Wasser), von D. D. Jackson und von H. S. Spackman (Kerosinöl), die anderen auf Durchleiten von Luftströmen (Gary - Lindner, Mayntz Petersen, Cusman und Hubbard) usw. Keiner dieser Apparate scheint mir die Frage auf befriedigende Weise zu lösen. Insbesondere derjenige von Gary-Lindner, der von dem einen seiner Erfinder dem Internationalen Verband zur Annahme als offizieller Typus vorgeschlagen wurde, ist, was die Formen und Abmessungen seiner Hauptorgane betrifft, ungenügend bestimmt, und ich habe in den von Herrn Gary mit diesem Apparat erhaltenen Resultaten Unstimmigkeiten festgestellt,[1]) welche beweisen, daß sein Funktionieren manches zu wünschen übrig läßt.

Im Prinzipe werden die Körner, gleichgiltig ob man mittelst Schlemmung in einer Flüssigkeit oder mittelst Sichtung durch einen Gasstrom arbeitet, nicht allein nach ihrem Feinheitsgrad abgeschieden: ihre Formen und ihre Dichten kommen auch in Betracht. Wenn man mit δ die Dichte der Flüssigkeit bezeichnet, so läßt sich für Körner derselben Form, deren eine gleiche lineare Abmessung mit a gegeben ist, berechnen,[2]) daß die in einem Strom von der Geschwindigkeit u im genauen Gleichgewichte — ohne fortgeführt zu werden oder sich abzusetzen — bleibende Substanz alle jene

[1]) Sitzungen vom 27. Jänner 1906 und 30. Jänner 1909 der Gruppe der französischen und belgischen Mitglieder des Internationalen Verbandes. Siehe auch ein Fehlerverzeichnis am Schlusse des Sitzungsberichtes vom 24. April 1909.

[2]) Siehe **Würtz**, *Wörterbuch der Chemie*, Artikel „Metallurgie", Anmerkung I. Diese Berechnung nimmt keine Rücksicht auf die Kapillarwirkungen und die elektrischen Phänomene, welche durch die Reibung der Flüssigkeit gegen die festen Körner entstehen können.

Digitized by Google

Körner umfaßt, deren Dicke a, Dichte d und durch einen Zahlenkoeffizienten m gekennzeichnete Form, durch die Gleichung

$$m\,a\left(\frac{d}{\delta}-1\right)=u^2 \qquad 1)$$

ausgedrückt sind.

Daher kommt es oft vor, daß die verschiedenen aus einem gegebenen Pulver durch Ströme steigender Geschwindigkeiten abgesonderten Kornarten verschiedene Zusammensetzung und Eigenschaften aufweisen. Ihre Sonderung (Klassifizierung) ist wohl deshalb nicht weniger interessant und weniger nützlich. Man darf aber nicht aus dem Auge verlieren, daß sie dann nicht mehr allein von den Abmessungen der Körner abhängt, wie dies bei der Sichtung durch Siebe der Fall ist.

Die auf der Verwendung von Flüssigkeiten beruhenden Verfahren zeigen, gleichgültig, ob man das Pulver in einem kontinuierlichen Strom aufwirbelt oder ob man mittelst Rüttelns und nach folgender Abklärung verfährt, verschiedene Mißstände: es ist erforderlich, daß die Flüssigkeit keine chemische Einwirkung auf die zu untersuchende Substanz ausübt; durch die Reibung an den Wänden des Apparates wird die Messung der wirklichen Mitnahmegeschwindigkeit der Körner unsicher; es müssen endlich im allgemeinen große Mengen Flüssigkeit abgeklärt und verdunstet werden, was viel Zeit in Anspruch nimmt und zu Materialverlusten führen kann. Es wurde diesen Methoden auch vorgeworfen, daß sie den Zustand der Flächen und das Schwimmvermögen der festen Körner ändern, und daß sie kleine Mengen Elektrolyten einführen, welche einen gewissen Einfluß auf die Versuchsresultate ausüben können.

Die Sichtung mittelst Gasströmen gibt nicht zu denselben Vorwürfen Anlaß, und ich habe daher während dieser letzten Jahre versucht, mittelst dieser die Aufgabe zu lösen. Ich muß sofort gestehen, daß es mir noch nicht vollständig geglückt ist. Ich habe nichtsdestoweniger eine gewisse Zahl ziemlich interessanter Resultate erzielt, deren Zusammenstellung wahrscheinlich andere, erfinderischere und geschicktere Forscher zum Ziele führen wird.

Es genügt nicht, auf gut Glück einen mehr oder weniger komplizierten Apparat bauen zu lassen und dann zu behaupten, daß um in sämtlichen Laboratorien untereinander vergleichbare

Digitized by Google

Abscheidungen zu erzielen, man sich nur an denselben Erbauer zu wenden, und den Apparat unter denselben Bedingungen (Gewicht der Substanz, Luftdruck, Wirkungsdauer des Stromes usw.) anzuwenden braucht. Wenn man so verfährt, wird man, wenn die Hauptteile nicht ganz genau betreffs ihrer Formen, ihrer Anordnung und ihrer Abmessungen bestimmt werden können, nie sicher sein, ob zwei Exemplare des Apparates in allen Fällen übereinstimmende Resultate ergeben. Es ist unbedingt erforderlich, daß man genau wisse, welche Hauptfaktoren es sind, von denen die Fortführung durch den Luftstrom oder das Setzen dieser oder jener Kornart ab-

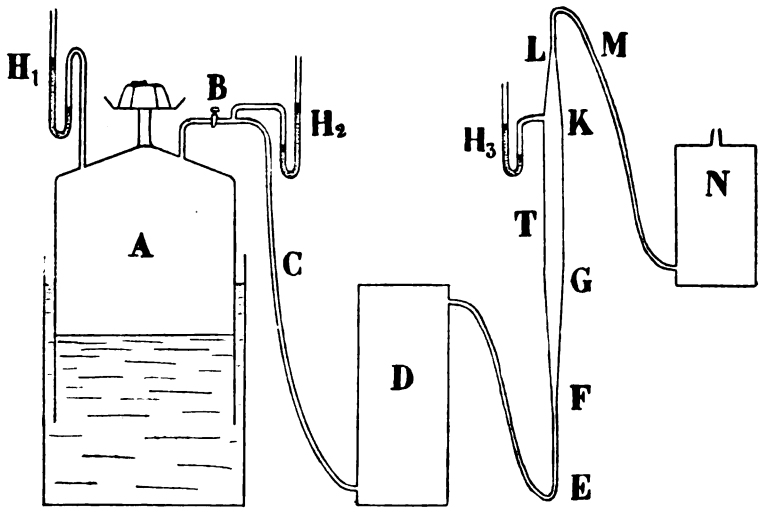


Fig. 1.

hängt, und daß der Apparat in seiner Anordnung derart beschaffen ist, daß man an ihm die Größe dieser Faktoren regulieren und genau messen kann. Die Bestimmung dieser letzteren ist das Ziel meiner ersten Untersuchungen gewesen.

Man kann sich zur Aufgabe stellen, das Pulver gleichzeitig in mehr als zwei Arten Körner zu sondern, indem man es mittelst desselben Luftstromes nacheinander durch Behälter von wechselndem Querschnitt streichen läßt (Apparate von Gary-Lindner und Cusman-Hubbard). Man kann auch umgekehrt einen Apparat mit einem einzigen Behälter verwenden (Apparate von Goreham und Mayntz Petersen), indem man, wenn man eine Abscheidung in

Digitized by Google

mehr als zwei Kornarten wünscht, diesen nacheinander mittelst Luftströmen von steigender Geschwindigkeit durchstreichen läßt und den Rückstand nach jeder Ventilation abwiegt. Wir wollen die Aufgabe nach der allgemeinsten Seite hin untersuchen.

Figur 1 stellt schematisch einen Musterapparat dar, jedoch ohne Berücksichtigung der Formen und der Anordnung der verschiedenen Organe. A ist ein Behälter, in welchem die Luft unter einem konstanten Druck gehalten wird: er ist durch einen Hahn B mit einem Leitungssystem C E verbunden, durch welches die Luft in die eigentliche Ventilationskammer T gelangt, in der die Abscheidung in zwei aufeinanderfolgenden Kornarten stattfindet. Von da gelangt die Luft durch die Kanäle und Geräte L M N ins Freie. D stellt einen Komplex von Apparaten dar, die vor dem Abscheider T angeordnet werden können, in welchem wir beabsichtigen, den Hergang der Fortführung der Körner durch den Luftstrom zu studieren. Sie können z. B. aus einer Trockensäule und einer Reihe anderer Abscheider bestehen. N stellt sämtliche Organe dar, welche auf den Abscheider T folgen können, so z. B. andere Abscheider und Behälter zur Ablagerung für den feinsten mitgeführten Staub. H_1, H_2 und H_3 sind drei Freiluft-Manometer, welche den Luft-Überdruck h_1, h_2 und h_3 an den entsprechenden Punkten des Apparates über den atmosphärischen Druck H andeuten.

Die ersten Versuche wurden ohne pulverartige Substanz gemacht, um festzustellen, welche Beziehungen zwischen den Drücken h_1, h_2, h_3, der Ausflußmenge q und den von den verschiedenen Teilen des Apparates dem Luftdurchgang dargebotenen Widerständen bestehen. Zu diesem Zwecke war die Glocke A, deren Querschnitt bekannt war, mit einem Zeiger versehen, der sich einer graduierten Skala entlang verschob und dessen Vorbeigehen an gewissen Teilstrichen chronometrisch festgelegt wurde; die eigentlichen Apparategruppen D und N wurden durch Pinzetten ersetzt, mit deren Hilfe die zum Durch- und Herauslassen der Luft angebrachten Gummischläuche mehr oder weniger zusammengedrückt wurden. Anfangs fielen die Versuche infolge kleiner Undichtigkeiten an verschiedenen Stellen des Apparates, sowie infolge Verwendung zu enger Manometer, welche etwas zu hohe Drucke anzeigten, falsch aus; nach Beseitigung dieser Fehlerquellen bestätigten die Ergebnisse zahlreicher Versuchsreihen — bei welchen

Digitized by Google

die verschiedenen in Betracht kommenden Größen systematisch der Reihe nach verändert wurden — in sämtlichen Punkten die zwei folgenden Gesetze, welche übrigens von vornherein leicht ersehen werden konnten:

1. Der Unterschied der durch zwei beliebige Manometer angezeigten Drücke ist proportional der Summe der Widerstände, welchen der Luftstrom, in sämtlichen zwischen den beiden Manometern befindlichen Teilen, begegnet.

2. Der Quotient dieser Druckdifferenz durch den entsprechenden Widerstand steht im Verhältnis zum Quadrate der Ausflußmenge q.

Das erste dieser Gesetze läßt sich graphisch, wie folgt, darstellen:

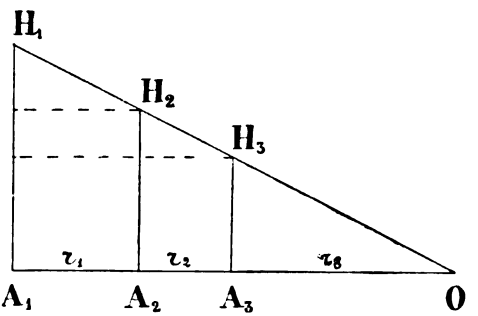


Fig. 2.

Nennen wir r_1 den dem Strom durch den Hahn B entgegengestellten Widerstand, r_2 den Widerstand der zwischen den Druckmessern H_2 und H_3 befindlichen Leitungen, und r_3 denjenigen der übrigen Kanäle, vom Ausgange des Abscheiders T bis zum Luftaustritt ins Freie. Tragen wir auf eine Horizontale A_1O (Fig. 2) der Reihe nach die im Verhältnisse zu r_1, r_2 und r_3 stehenden Längen A_1A_2 — A_2A_3 und A_3O auf; ziehen wir ferner in A_1 eine Ordinate A_1H_1, deren Länge h_1 darstellt, und verbinden wir H_1O durch eine Gerade, welche in H_2 und H_3 die in den Punkten A_2 und A_3 auf die Basis A_1O errichteten Senkrechten schneidet, dann stehen die Ordinaten A_2H_2 und A_3H_3 im Verhältnis zu den Widerständen r_2 und r_3.

Digitized by Google

Auf Grund einer angemessenen Wahl der verschiedenen Einheiten, ist der algebraische Ausdruck der beiden Gesetze in ihrer Gesamtheit durch die folgenden Gleichungen gegeben, wovon diejenigen, in denen q^2 nicht vorkommt, sich aus der Ähnlichkeit der verschiedenen, in Figur 2 vorkommenden rechtwinkeligen Dreiecke ergeben:

$$q^2 = \frac{h_1}{r_1 + r_2 + r_3} = \frac{h_2}{r_2 + r_3} = \frac{h_3}{r_3} = \frac{h_2 - h_3}{r_2} = \frac{h_1 - h_2}{r_1} = \frac{h_1 - h_3}{r_1 + r_2} \quad 2)$$

Hieraus ergibt sich insbesondere, daß wenn der Apparat so angeordnet ist, daß er die Messung der Ausflußmenge q ermöglicht, man dabei nur die Drücke h_1, h_2 und h_3 abzulesen braucht, um hieraus die Werte der verschiedenen Widerstände abzuleiten. Im entgegengesetzten Falle kann man mittelst dieser Drücke die relativen Werte von r_1, r_2 und r_3 berechnen und die Beständigkeit eines beliebigen dieser Widerstände prüfen, sofern man sicher ist, daß dieser oder jener der beiden anderen konstant bleibt.

Da nun die allgemeinen Bewegungsgesetze des Luftstromes genau festgelegt sind, ist es von Wichtigkeit, zu bestimmen, durch welche von den in den Formeln 2 enthaltenen Größen die Abmessungen der größten Körner von gegebener Dichte bestimmt werden, die im Abscheider T im Gleichgewichte bleiben, wenn die Ausflußmenge einen bestimmten Wert q hat. Beim Austritt aus der Scheidekammer steht die Luft unter dem Drucke $H + h_3$. Es seien t die Temperatur, α und β die räumlichen Ausdehnungskoeffizienten der Luft und des zu sondernden Stoffes, und d die Dichte des letzteren bei der mittleren Temperatur von 15°. Die Dichten des Stoffes und der Luft sind

$$d\,\frac{1 + 15\beta}{1 + \beta t} \quad \text{und} \quad \frac{0{\cdot}001293\ (H + h_3)}{(1 + \alpha t)\ 760},$$

und ihr Verhältnis ist groß genug (ungefähr 2400 für Zemente), daß die Einheit daneben in der Gleichung (1) vernachlässigt werden kann. Diese kann demgemäß, wie folgt, geschrieben werden:

$$\frac{m\,a\,d}{0{,}001293} \cdot \frac{760}{H + h_3} \cdot \frac{(1 + \alpha t)\ (1 + 15\beta)}{1 + \beta t} = u^2.$$

Nun aber steht, in einem gegebenen Abscheider, die Geschwindigkeit u im Verhältnis zur Ausflußmenge q. Andererseits

Digitized by Google

gestattet die Kleinheit der Koeffizienten α und β, sowie die geringe Größe der möglichen Änderungen der Temperatur t, den Quotient der Faktoren in Verbindung mit t als konstant zu betrachten. Wenn man daher die in dieser Formel enthaltenen konstanten Faktoren insgesamt durch einen gewissen Zahlenkoeffizienten k darstellt, kann diese schließlich in folgender Form dargestellt werden:

$$m\ a\ d = k\ q^2\ (H + h_3). \qquad 3)$$

In dieser Form zeigt sie, daß bei einem gegebenen Abscheider, die verschiedenen Arten Körner durch die Werte des Produktes $q^2\,(H + h_3)$ bestimmt sind.

In einem gut hergestellten Apparate muß der passive Widerstand r_3 schwach sein, damit nicht unnützerweise ein Teil der lebendigen Kraft des Stromes aufgezehrt wird. Es geht daraus hervor (siehe Figur 2), daß der Druck h_3 im allgemeinen sehr gering ist und durch wenige Zentimeter Wassersäule oder Millimeter Quecksilbersäule meßbar ist, und daher neben dem atmosphärischen Druck H vernachlässigt werden kann. Solange sich dieser letztere nicht zu sehr ändert, beeinflussen die Variationen von h_3 die Versuchsresultate nicht erheblich, sofern die Ausflußmenge q konstant bleibt. Ich habe die Richtigkeit hievon bestätigt, indem ich während eines und desselben Tages verschiedene Gewichtsmengen eines gleichen Pulvers in einem Apparate ventilierte, welcher so reguliert wurde, daß die Ausflußmenge immer dieselbe war, obgleich dem Druck h_3 nacheinander sehr verschiedene Werte gegeben wurden; die Unterschiede zwischen den gefundenen Rückständen sind immer niedriger gewesen als die möglichen Versuchsfehler.

Die eventuellen Änderungen des atmosphärischen Druckes auf den Höhenlagen der meisten Versuchsanstalten für Materialprüfungen erreichen ungefähr ein Zwanzigstel des Mitteldruckes von 760 mm Quecksilber. Wenn man demnach immer mit derselben Stromgeschwindigkeit arbeitet, setzt man sich der Gefahr aus, bei Körnern derselben Form und derselben Dichte Abweichungen im Maximalfalle von 5% in bezug auf die linearen Abmessungen der Grenzkörner zu erhalten, was in gewissen Fällen zu ziemlich erheblichen Differenzen betreffs der Gesamtverhältnisse des erzielten Rückstandes führen kann. Es ist daher ratsam, festzusetzen, daß der Versuch nach Möglichkeit bei einem an 760 mm grenzenden

Digitized by Google

Atmosphärendruck vorzunehmen ist, und daß, wenn dieser von jenem Werte zu stark abweicht, der Ausfluß dementsprechend abzuändern ist.

Um kurz zusammenzufassen, hängt bei einem gegebenen Abscheiderrohr die äußerste Dicke der mitgeführten oder nichtmitgeführten Körner, unabhängig davon, wie die Anordnung der anderen Teile des Apparates und die Luftdrücke in jedem dieser Teile sein mögen, einzig und allein von der Ausflußmenge q ab, und man soll vor allem bestrebt sein, die Größe von q richtig einzuregulieren und konstant zu halten. Die Wirkungsweise der meisten heute bestehenden Apparate beruht daher mit Unrecht auf der Konstanz des einen der Drücke h_1 oder h_2, ohne daß hierbei die Widerstände r_1, r_2 und r_3, noch ihre möglichen Variationen irgendwie berücksichtigt werden.

Die direkte Messung des Ausflusses ist eine ziemlich heikle Arbeit und wäre als Regulierungsmittel des Stromes nicht zu empfehlen. Kraft des Verhältnisses

$$q^2 = \frac{h_3}{r_3}, \qquad 2')$$

kann man diese Regulierung vornehmen, indem man den Apparat so anordnet, daß sich der Widerstand r_3 nicht ändert, und daß man durch Einwirken auf den Hahn B einen konstanten, im voraus bestimmten Druck h_3 am Austritt des Abscheiders beibehält.[1]) Es geht übrigens aus den Gleichungen 3) und 2') insgesamt hervor, daß, solange der atmosphärische Druck annähernd gleich bleibt, die lineare Dimension a der Grenzkörner als im proportionalen Verhältnis zum Druck h_3 stehend betrachtet werden kann. Für die von 760 mm stärker abweichenden Werte von H muß man h_3 so abändern, daß das Produkt $h_3 (H + h_3)$ oder einfacher $h_3 H$ konstant bleibt.

Diese allgemeinen Grundsätze vorausgeschickt, will ich jetzt die Erfahrungen, welche ich betreffs der Hauptorgane des Apparates aus den Versuchen gewonnen habe, erörtern.

[1]) Dies ist das Prinzip des Schöneschen Apparates; jedes Exemplar dieses Apparates muß jedoch durch einen direkten Versuch geeicht werden, denn die Form und der Durchmesser der Austrittsöffnung des Wassers können nicht in allen Fällen dieselben sein, so daß die Werte von r_3 verschieden sind.

Digitized by Google

Als Stromquelle kann man einen im voraus gefüllten hinreichend beschwerten Gasometer oder einen durch irgendeinen Motor angetriebenen Ventilator benutzen. Es ist vorteilhaft, damit der Strom genau konstant bleibe, daß der Druck h_1 selbst unveränderlich ist, wozu im erstbezeichneten Falle erforderlich ist, daß die Gasglocke in ihrem Niedergehen ohne ungleichmäßige Reibungswiderstände geführt wird, und daß eine besondere Vorrichtung ihre Gewichtsabnahme, je nach ihrer Tauchtiefe in der Flüssigkeit, ausgleicht. Betreffs der Ventilatoren habe ich festgestellt, daß sie oftmals einen schwankenden Gasstrom erzeugen, der unbrauchbar ist, wenn man nicht die Vorsichtsmaßregel anwendet, ihn vor Einlaß in den Abscheider durch einen Druckregler durchstreichen zu lassen. Die langsamen Änderungen von h_1 können jedoch, wie dies die Formeln 2) anzeigen, durch angemessene Änderungen von r_1 ausgeglichen werden, und zwar dadurch, daß man auf den Hahn B derart einwirkt, daß der Druck h_3 konstant bleibt.

Es ist unbedingt erforderlich, daß die in den Abscheider getriebene Luft ganz trocken sei; sonst ballt sich das Pulver zusammen und bleibt an den Wänden des Apparates kleben. Darum muß man von der Verwendung von Wasser im Gasometer und im Regler absehen, denn selbst bei einem nicht sehr großen Luftverbrauch würde ein Trockenzylinder nicht hinreichen, um die Luft ihrer sämtlichen Feuchtigkeit zu berauben. Aus dem gleichen Grunde ist es angezeigt, in den Druckmessern kein Wasser zu verwenden. Ich habe entsprechend den Angaben des Herrn Mayntz Petersen Manometer mit Terpentinöl verwendet und ihre Eignung für den praktischen Gebrauch bestätigt gefunden.

Die Manometerrohre dürfen, wie schon weiter oben erwähnt wurde, nicht zu eng sein. Andernfalls steht für konstante Werte der Widerstände r_1, r_2 und r_3 das Quadrat der Ausflußmenge nicht mehr im Verhältnis zu den abgelesenen Drücken h_1, h_2 und h_3, wohl aber zu diesen Drücken, vermindert um eine gewisse Konstante, die einer Wasserhöhe von mehreren Millimetern entsprechen kann.

Der Widerstand r_1 hängt nur von der Größe der Öffnung des Hahnes B ab, welcher dazu dient, den Ausfluß zu regeln und die Korrekturen vorzunehmen, welche infolge der möglichen Variationen von h_1, r_2 und r_3 erforderlich werden. Dieser

Digitized by Google

Hahn soll sich leicht handhaben lassen und eine langsam zunehmende Wirkung haben.

Im Widerstand r_2 ist vor allem der Widerstand der eigentlichen Leitungen enthalten, der sehr gering gestaltet werden kann; wenn ein Teil der Leitungen beweglich sein soll — um z. B. dem Sinken der Gasometerglocke zu folgen — soll man zu dünne Schläuche vermeiden, da sie starke Biegungsveränderungen erleiden können oder sich leicht zusammenfalten, was den Widerstand verändern würde. Das Einschalten von Trockenzylindern steigert den Wert von r_2 sehr und erfordert eine bedeutende Erhöhung des Anfangsdruckes h_1; weiter ändert das fortwährende Abfließen der Säure längs der Bimssteinkörnchen andauernd die der Luft gebotenen Durchgänge und mithin den Widerstand; auch muß die Blasenbewegung der Luft in den Waschflaschen kleine Schwingungen im Strom erzeugen. Der Teil des Widerstandes, welcher aus dem Durchgang durch das eigentliche Abscheiderohr erwächst, ist sehr gering, wie ich durch Vergleichen des Druckes h_3 mit den Druckangaben eines provisorisch etwas über E (Fig. 1) angebrachten Manometers feststellte; er wird ein wenig erhöht durch die Gegenwart der Substanzkörnchen, die dem Stromdurchgang ein Hemmnis entgegenstellen, das sich aber in dem Maße vermindert, als die Menge des mitgeführten Staubes wächst. Endlich müssen auch zu r_2 die ebenfalls veränderlichen Widerstände der eventuell dem Abscheider T vorgeschalteten Abscheiderohre gezählt werden.

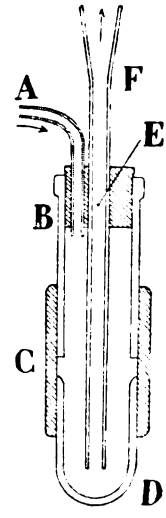


Fig. 3.

Der Widerstand r_3 enthält die Widerstände der Abscheiderohre, welche auf den Abscheider T folgen können, ferner diejenigen der eigentlichen Leitungen und des Behälters, welcher den mitgeführten Staub zu sammeln hat. Damit r_3 konstant bleibe, müssen die Leitungen möglichst kurz und ziemlich breit sein, und oft gereinigt werden, da durch Staubablagerungen Widerstandserhöhungen entstehen können. Was den Schlußbehälter betrifft, muß er so gebaut sein, daß der Widerstand, den er dem Stromdurchgang entgegenstellt, von der in ihm enthaltenen Staubmenge unabhängig ist. Es ist überhaupt sehr schwierig, die Gesamtmenge des mitgeführten Staubes aufzufangen; wenn man sich entschließt,

Digitized by Google

diesen vollständig ins Freie ausströmen zu lassen und keine anderen Abscheider vorhanden sind, kann die Leitung in M (Fig. 1) in einer zylinderischen oder konischen mehr oder weniger ausgezogenen Öffnung endigen; ihr kleinster Durchmesser ist dann fast ganz allein für die Größe des Widerstandes r_3 bestimmend.

Aus dem Vorhergehenden geht hervor, daß das gleichzeitige Vorhandensein mehrerer Abscheider an einem Apparat infolge der Widerstandsänderungen, die sie verursachen können, etwas störend auf seinen Gang einwirken muß. Es scheint übrigens auch schwer, zu gleicher Zeit die Drücke am Austritt eines jeden dieser Apparate zu regulieren und gegebenenfalls diesen oder jenen davon zu korrigieren, ohne zu gleicher Zeit die anderen zu verändern. Dazu müßte man eine ganze Reihe von Hähnen und Pinzetten anbringen, deren Handhabung zweifellos ziemlich umständlich sein würde. Daher bin ich Anhänger der Verwendung eines einzigen Abscheiders, der nacheinander von Luftströmen verschiedener Geschwindigkeiten durchströmt werden soll.

Einer der wichtigsten Punkte des Problems ist die Bestimmung der dem Abscheiderohr zu gebenden Form. Damit die Geschwindigkeit des Luftstromes in dem Teil, wo die endgültige Absonderung der Körner stattfindet, d. i. jene Geschwindigkeit, welche für die Körnergrenzen bestimmend ist, aus der Ausflußmenge mit Sicherheit abgeleitet werden kann, ist es erforderlich, daß der Querschnitt dieses Rohrteiles genau bekannt sei und alle Luftfäden darin dieselbe Geschwindigkeit bei gleichlaufenden Richtungen haben. Die Abscheidekammer muß daher auf eine Länge zylinderförmig sein, welche hinreicht, daß der Strom darin eine konstante Laufrichtung annimmt. Andererseits muß sie an den notwendigerweise engeren vorhergehenden Teil der Leitungen durch einen sehr langgezogenen konischen Ansatz angeschlossen werden, dessen Achse mit der des zylindrischen Teiles gleichgerichtet ist und in dem die Luftfäden unmerklich ihren Endabstand einnehmen, nach und nach in ihrer Geschwindigkeit abnehmen und allmählich die zu schweren Körner absetzen. Damit sich endlich auch im oberen Teil der zylindrischen Kammer kein Wirbel bilde, der sich mehr oder weniger tief in diese fortpflanzt, muß die Querschnittsverringerung am Ausgang ebenfalls allmählich stattfinden. Man gelangt so zur Herstellung eines Rohres, das nahezu die von F nach L auf Figur 1 gezeichnete Form hat. Es wäre jedenfalls unvorsichtig, das Manometer

Digitized by Google

im Niveau K genau am Ende des zylindrischen Teiles anzubringen, wegen der Störungen, die sein Anschluß auf die Richtung der Luftfäden ausüben könnte; in Anbetracht des unbedeutenden Widerstandes, den der Teil K L des Abscheiders ausübt, ist es vorzuziehen, das Manometer in der Gegend des Punktes L anzubringen; es muß jedoch dafür Sorge getragen werden, daß der Anfang des Abflußrohres L M genau in der Achse des Apparates bleibt.

Es ist ziemlich schwierig, den Luftzutritt im unteren Teile des Abscheiders, in dem alle dicken Körner sich zu sammeln und dem Luftstrom den Durchgang mehr oder weniger zu verstopfen streben, auf eine angemessene Weise zu gestalten. Dieser Übelstand tritt hauptsächlich in dem Falle hervor, wo das Zuführrohr ein einfaches Knie bildet, wie dies in E auf Figur 1 dargestellt ist; man ist dann gezwungen, diesen Teil des Rohres andauernd zu rütteln, damit sich die darin abgeschiedene Substanz wieder in Bewegung setze. Nach verschiedenem Hin- und Herprobieren habe ich eine befriedigende Vorrichtung erfunden, welche dazu noch den Vorteil darbietet, das erstmalige Einbringen des Pulvers und das Ausnehmen des am Ende des Versuches verbleibenden Rückstandes leicht zu gestatten.

Ein Glasbecher D mit kugelförmigem Boden (Fig. 3) ist durch ein Gummirohr C mit einer Muffe B verbunden, in welche einerseits das Zufuhrrohr A und anderseits ein Zylinderrohr E, welches unten an dem Abscheider anschließt, einmünden. (Nur der untere Teil dieses letzteren ist auf der Figur wiedergegeben.) Zu Beginn der Operation führt man eine abgewogene Menge Pulver in den Becher D ein und schiebt diesen in das Gummirohr, bis das Ende der Röhre E ein klein wenig in die Substanz ragt; man leitet den Strom durch, und in dem Maße, wie das Pulver im Luftzug mitgeführt wird, schiebt man nach und nach den Becher höher, bis nichts mehr darin bleibt. Da die Röhre E sehr eng ist, hat der Strom in ihr eine große Geschwindigkeit und behält alle Körner suspendiert; anderseits bewirkt ihre zylindrische Form, daß sämtliche Luftfäden schon parallel geordnet werden und daß zu heftige Wirbelbildungen in der Gegend F G des Scheiders vermieden werden. Wenn die Windsichtung beendigt ist, stellt man den Strom ab und die nichtmitgeführten Körner fallen in den Becher D zurück, wo sie herausgenommen und abgewogen werden.

Bevor jedoch der Becher herausgenommen wird, ist es erforderlich, den Teil F G des Abscheiders etwas zu rütteln, damit

Digitized by Google

die Körnchen, die sich sowohl während des Stromdurchganges wie nach dem Abstellen desselben darin abgesetzt haben, herabrutschen. Es kann sogar vorkommen, hauptsächlich bei nicht ganz trockener Luft, daß diese Körner sich schwer von den Wänden des Apparates lostrennen, und es wäre nur noch ein Handgriff ausfindig zu machen, um auch diesem Übelstande abzuhelfen. Aus demselben Grunde darf das Innere des Abscheiders selbstverständlich keinen Vorsprung sowie keine Vertiefung aufweisen, welche Substanz zurückhalten könnten.

Wenn man ein Pulver in einem Abscheider von der vorhin gegebenen Form durch Wind sichtet, bemerkt man, daß sich das Aufwirbeln der Körner auf eine gewisse Höhe über der unteren Grenze G des zylindrischen Teiles fortsetzt; das rührt teils davon her, daß die Luft noch nicht im ganzen Querschnitte des Rohres eine gleichmäßige Geschwindigkeit und Richtung angenommen hat, teils daher, daß gewisse Körner, welche zu dick sind, um abgeführt zu werden, dennoch zufolge der in dem engeren Teil F G angenommenen größeren Geschwindigkeit mehr oder weniger hoch mitgerissen werden und dann zurückfallen, um von neuem mitgerissen zu werden. Es ist übrigens möglich, daß die Höhe, bis zu welcher sich dieses Aufwirbeln in einem gegebenen Apparat erstreckt, von der Geschwindigkeit der Luft abhängt; will man von nun ab sicher sein, daß der Strom immer den gleichmäßigen Lauf erzielt, bei welchem die Geschwindigkeit eines beliebigen Fädchens genau von dem Quotient der Ausflußmenge durch den Querschnitt des Rohres ermessen ist, ist es angebracht, dem zylindrischen Teil G K eine große Länge zu geben. Jedenfalls muß diese genau festgelegt werden, denn sie beeinflußt wahrscheinlich die Versuchsresultate.

Ich habe versucht, diesen Punkt zu beweisen, indem ich verschiedene Gewichtsmengen eines Pulvers in zylindrischen Rohren von gleichem Durchmesser, aber von verschiedenen Längen sichtete; die Menge des nichtmitgeführten Rückstandes war um so bedeutender, je länger das Rohr war. Dieser Versuch ist jedoch durchaus nicht maßgebend, denn man kann nicht feststellen, ob die Rohrlänge immer die obere Grenze der Wirbel überschritten hat. Das erwähnte Gesetz hätte Aussicht auf Richtigkeit, wenn die Höhe, bis zu welcher ein beliebiges Körnchen in einem genügend langen zylindrischen Rohr bestrebt ist, im Gleichgewicht

Digitized by Google

zu bleiben, von der Stromgeschwindigkeit abhängig wäre. Bei einem Versuche, den ich mit einem sehr winzigen, fast kugelförmigen Samenkörnchen durchführte, habe ich nun festgestellt, daß sich dieses, selbst in einem sehr regelmäßigen Strome, andauernden und sehr unregelmäßigen Schwingungen hingab, ähnlich einem auf einem Wasserstrahl tanzenden Ei, und daß sich seine mittlere Höhenlage tatsächlich erhob, sobald der Luftausfluß vergrößert wurde. Jedenfalls lagen die minimalen und maximalen Grenzgeschwindigkeiten, bei welchen das Samenkorn andauernd im zylindrischen Teil des Rohres verblieb, sehr nahe aneinander, und es ist kaum wahrscheinlich, daß die Differenz der Geschwindigkeiten, die zum Befördern eines Körnchens bis zum oberen Rohrende — entsprechend der Rohrlänge — nötig sind, eine sehr große Rückstandvermehrung zur Folge hat, wenn man den Abscheider verlängert. Es ist jedoch möglich, daß eine gewisse Vermehrung durch die unregelmäßige Form der Körner entsteht, zufolge deren gewisse Körner, wenn sie sich der Stromrichtung in einer geeigneten Lage darbieten, mitgerissen werden können, und dann, wenn sich ihre Lage ändert, zurückfallen[1]): die Möglichkeit, daß die Körner andauernd in einer für ihre Mitnahme günstigen Lage verbleiben, ist um so geringer, je länger das Rohr ist.

Welches immer der verwendete Apparat ist, man bemerkt, wenn man die Dauer des Luftdurchgangs verlängert und dabei die Geschwindigkeit so konstant wie möglich erhält, daß die Menge des nicht mitgeführten Rückstandes durch lange Zeit abnimmt, so daß es schwierig ist, den Augenblick festzustellen, wo der Versuch als beendet zu betrachten ist. Diese Langsamkeit der Fortführung durch den Luftstrom kann in einem gewissen Maße von Unregelmäßigkeiten im Gange des Apparates herstammen, wenn z. B. die Luftfäden in verschiedenen Teilen des Abscheider-Querschnittes eine etwas größere Geschwindigkeit haben, oder wenn die Stromgeschwindigkeit momentweise etwas zu stark wird; es können dann einige Körner mitgerissen werden, die im Rückstande hätten verbleiben sollen[2]); der Fall

[1]) Zwei gleiche Samenkörnchen, welche zur selben Zeit in einem vertikalen zylindrischen Rohre gesichtet werden, haben voneinander ganz unabhängige Schwingungen.

[2]) Um die Nachteile der zufälligen Geschwindigkeitsänderungen zu verringern, ist es angebracht, soviel wie möglich Substanz mittelst einem etwas weniger schwachen Strom auszutreiben und die genaue Geschwindigkeit nur zur Beendigung des Versuches anzuwenden. Die Geschwindigkeit hat überhaupt, infolge der Verringerung von r_2 durch die zunehmende Abscheidung der Körner, die Tendenz, etwas zuzunehmen.

Digitized by Google

stellt sich genau so, wie wenn man durch ein Sieb mit unregelmäßigen Netzen siebt, dessen größte Maschen andauernd zu dicke Körner durchlassen können. Es stellt sich vielleicht auch auf die Dauer eine schwache Abnutzung der Körner ein, wodurch Stückchen abgebröckelt werden und verschiedene Körner wegblasbar gestaltet werden. Die Hauptursache der lange anhaltenden Fortführung der Körner muß jedoch vor allem die Verschiedenheit und die Unregelmäßigkeit ihrer Umrisse sein: je nach ihren Formen bestehen für sie verschiedene Möglichkeiten, während des ganzen Weges durch den Abscheider eine Lage einzunehmen, in der sie mitgeführt werden können. Wenn man daher die Windsichtung länger und länger fortsetzt, dann wird die Abscheidung von Körnern erzielt, für die diese Möglichkeit schwächer und schwächer war; ebenso gehen in einem vollkommen regelmäßigen Sieb bei andauernder Sichtung Körner durch, für welche sich die Möglichkeit, sich den Maschen so darzubieten, daß sie dieselben durchdringen können, mehr und mehr geringer wird.[1]) Damit immer auf dieselbe Weise vorgegangen werde, könnte man übereinkommen, alle Versuche nach einer gewissen, ein für allemal im voraus bestimmten Ventilationsdauer abzubrechen; aber man würde so tatsächlich die verschiedenen Pulverarten ungleichen Bedingungen aussetzen, denn, je nachdem sie reicher oder ärmer an Körnern von gewissen Größen sind, bedarf es mehr oder weniger Zeit, sie davon zu befreien; man täte besser, vorzuschreiben, den Versuch als beendigt anzusehen, wenn das Gewicht der in einem bestimmten Zeitraum mitgeführten Substanz unter ein bestimmtes Maß fällt, wie ja die französische Kommission für die Vereinheitlichung der Versuchsmethoden dies für die Siebversuche bestimmt hatte.

Der durch diese Arbeit hervorgehobene wesentliche Punkt ist kurz folgender: welchen Apparat man auch verwende, es wird, wenn man den atmosphärischen Druck in Betracht zieht, die

[1]) Die Ventilation hat vor den Sieben den Vorzug, daß dabei gleichzeitig alle Körner eine wirksame und gleichmäßige Bewegung erleiden, während auf dem Sieb die Masse immer eine mehr oder weniger dicke Schicht bildet, deren unterer Teil allein mit dem Netz in Berührung kommt; der Druck dieser Schicht kann sogar bewirken, daß gewisse Körner durch Ausdehnen der Maschen durchgezwungen werden, und die Körner müssen sich durch Reiben mehr abnützen, als dies bei der Windsichtung der Fall ist.

Digitized by Google

Kategorie Körner, welche genau die Grenze bilden zwischen den mitgeführten und den zurückbleibenden, allein bestimmt durch die Geschwindigkeit des Luftstromes. Es geht daraus hervor, daß man Aussicht haben wird, überall übereinstimmende, von jedem willkürlichen Übereinkommen befreite und von der Anordnung des Apparates unabhängige Resultate zu erzielen, sobald der Abscheider so gebaut ist, daß man darin sicher eine bekannte, gleichmäßig verteilte, nach Wunsch regulierbare Geschwindigkeit erzielen kann, wenn man in der Ausführung des Versuches einige im voraus bestimmte Regeln (Gewicht der zu untersuchenden Substanz, Endpunkte des Versuchs, usw.) beachtet. Wenn diesen Anforderungen entsprochen wird, genügt es, jeden Apparat ein für allemal zu eichen, indem man die genaue Fläche des Abscheiderquerschnittes und den Wert des Widerstandes r_3 bestimmt: die Ausflußmenge und infolgedessen die Geschwindigkeit des Stromes und die Dicke der Grenzkörner werden dann durch den Wert des Druckes h_3[1]) festgelegt.

Die zwei Hauptpunkte, welche noch unentschieden bleiben, sind die rationelle Bestimmung des zylindrischen Teils des Abscheiders, und das Sammeln des gesamten, vom Strom ausgeführten Staubes oder vielmehr der zurückbleibenden Körner. Infolge anderweitiger Beschäftigung kann ich die Versuche jetzt nicht fortsetzen; ein ausdauernder Erfinder könnte diese letzten Fragen lösen und dem Apparat seinen Namen geben!

Zusammenfassung.

Der Autor stellt zuerst durch Versuche die Beziehungen fest, welche in irgendeinem auf der Verwendung eines Luftstromes beruhenden Apparat notwendigerweise bestehen zwischen den in gewissen Punkten herrschenden Gasdrücken, den von den verschiedenen Organen, aus welchen der Apparat zusammengesetzt ist, dem Stromdurchgang dargebotenen Widerständen und der Ausflußmenge oder der Luftgeschwindigkeit.

Dann beweist er, daß die äußerste Dicke der mitgeführten oder nichtmitgeführten Körner allein von dem atmosphärischen Druck

[1]) Damit h_3 nicht in zu weiten Grenzen abgeändert werden braucht, kann man verschiedene Austrittsansätze anbringen, welche hinreichend abgestufte Größen von r_3 ergeben.

Digitized by Google

und der Stromgeschwindigkeit abhängt und zeigt, wie diese letztere durch den Luftdruck unmittelbar am Ausflusse des Abscheiderohrs, worin die Trennung der Körner stattfindet, reguliert werden kann.

Er untersucht schließlich die Arbeitsweise der verschiedenen Apparatteile und erörtert, indem er sich auf persönliche Erfahrungen stützt, die Bedingungen, denen diese genügen müssen.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XV3

BESTIMMUNG DES FEINSTEN MEHLES IM PORTLANDZEMENT.

Von **Mayntz Petersen,** Direktor der staatl. Prüfungsanstalt in Kopenhagen.

Im Bericht X_8 zum Kongreß in Kopenhagen wurden die Versuche erläutert, die für die Kommission 30 behufs Aufsuchung eines möglichst einfachen Verfahrens zur Bestimmung des feinsten Mehles im Portlandzement durchgeführt worden waren, und gleichzeitig wurde eine Beschreibung des hiefür verwendeten Apparates[1]) gegeben.

In seinem Kongreßberichte (X_7) bespricht H. Prof. Gary auch diese Versuche und bemerkt, daß diese Methode nur ein Sieben auf dem 5000 Maschen-Sieb ersetzt und keine neuen charakteristischen Merkmale für die verschiedenen Zemente gibt.

Wie in den Kongreßverhandlungen hervorgehoben wurde, (vgl. Kongreßverhandlungen S. 171), kann dieser Umstand keine ernste Einwendung gegen den Apparat bedeuten, da doch im Wesentlichen stets eine Übereinstimmung zwischen dem Siebrückstand und dem Schlämmrückstand vorhanden sein wird, selbst dann, wenn man den Schlämmapparat in der Weise herstellt, daß die Korngröße, bei welcher die Trennung geschieht, viel kleiner ist als die, bei welcher die Trennung auf dem 5000 Maschen-Sieb erfolgt.

Für die Versuche ist ein Trichter verwendet worden, in dem der Schlämmrückstand etwa 50% beträgt; indessen hätte man

[1]) Der Apparat in der im Bericht X_8 angegebenen Form ist beim Herrn F. C. Jacob, Glastekniske Vaerksteder, Hauserplads 14, Kopenhagen, erhältlich, und zwar von der Staatsprüfungsanstalt geeicht, so daß er dieselben Ergebnisse wie der im Bericht genannte Trichter I gibt.

Digitized by Google

ebensogut den Trichter dermaßen formen können, daß der Rückstand ein anderer geworden wäre, daß somit die Trennung bei einer etwas anderen Korngröße erfolgt wäre. Selbstverständlich kann man auch mehrere Trichter verwenden oder man kann, sofern das Gebläse genügend kräftig ist, den gleichen Trichter mit verschiedener Luftgeschwindigkeit anwenden, wenn man etwas mehr von dem feinen Pulver zu untersuchen wünscht. Die Differenzen zwischen den Rückständen in den verschiedenen Trichtern ergeben dann Fraktionen in derselben Weise, wie sie H. Prof. Gary erhält.

Der Apparat ist beispielsweise unter Anwendung von zwei Trichtern bei einer Versuchsreihe benutzt worden, die eine Untersuchung darüber bezweckte, welchen Einfluß eine mehr oder minder weit getriebene Mahlung auf die Korngröße von Zement sowie auf dessen andere Eigenschaften, namentlich auf seine Festigkeit ausübt. Diese Versuchsreihe ist gleichwie die frühere aus Mitteln, die der Staatsprüfungsanstalt seitens des Vereines Skandinavischer Portlandzementfabriken zur Verfügung gestellt wurden, zur Ausführung gelangt. Es lag in der Absicht mehrerer Zementfabriken, drei verschiedene Feinheitsgrade vom gleichen Zement zu schaffen, und zwar neben einem normalen Feinheitsgrad einen etwas gröberen sowie einen etwas feineren.

A. Vorläufige Versuche.

Zunächst wurden einige vorläufige Versuche angestellt, um zu bestimmen, welche Methode bei der Herstellung der drei Feinheitsgrade angewandt werden sollte. Man versuchte sie z. B. dadurch herzustellen, daß man eine im Gange befindliche Rohrmühle stillstehen ließ und Proben verschiedenen Stellen ihrer Längsrichtung entnahm. Weiters versuchte man Proben nach der Mahlung in der Rohrmühle zu entnehmen, 1. wenn die Zufuhr von vo geschroteten Klinkern eine so erhebliche war, wie sie die Speiseschnecke der Rohrmühle überhaupt zu leisten vermochte, 2. wenn die Zufuhr eine normale und 3. wenn die Zufuhr besonders gering war. Da es jedoch den Anschein hatte, als ob die Herstellung nach diesem Verfahren sich nicht genügend sicher gestalten könnte, beschloß man, mit einer einzigen Ausnahme, bei den endgültigen Versuchen, die drei Feinheitsgrade in der Weise herzustellen, daß man vorgeschrotete Klinker von den verschiedenen Fabriken

Digitized by Google

beschaffte und diese mittels einer Alsingschen Trommel auf drei Feinheiten vermahlte. Dadurch hatte man für die Herstellung der drei Feinheitsgrade die Gewähr des völlig gleichen Ausgangspunktes von Klinkern, und man war der Ansicht, daß dieser Vorteil den Umstand aufwiegen würde, daß die Proben auf einer kleineren Alsing-Trommel und nicht durch eine Rohrmühle, wie sie in der Praxis angewandt wird, gemahlen worden waren. Übrigens dürfte der Unterschied des Zements kaum groß sein, ob er nun auf einer großen, kontinuierlichen Rohrmühle oder einer kleineren, periodischen Alsing-Trommel hergestellt wird.

Da eine Reihe der vorläufigen Versuche vermutlich von Interesse sein dürfte, weil sie auch eine Untersuchung von besonders grobem Zement umfaßt, sei ihrer an dieser Stelle Erwähnung getan.

Von einer Fabrik wurden fünf Proben einer im Gange befindlichen Rohrmühle eingesandt, die während der Entnahme zum Stillstehen gebracht war. Dieselben sind mit I bis V bezeichnet.

I war eine Probe der vorgeschroteten Klinker, wie solche der Rohrmühle zugeführt wurden, II eine Probe, die der Rohrmühle mitten zwischen der Zuflußöffnung und der Mitte entnommen war, III eine Probe aus der Mitte der Rohrmühle, IV eine Probe, die mitten zwischen der Mitte der Rohrmühle und der Abflußöffnung entnommen war, während V eine Probe vom Zement bildete, wie dieser die Mühle verläßt.

Mit den Proben wurden teils Siebproben mittels Sieben von 900, 2500 und 5000 Maschen auf 1 cm², teils Schlämmproben mit dem früher genannten Apparat, teils endlich Festigkeitsproben nach Ablauf von 28 Tagen in der Mischung 1 Teil Zement mit 3 Teilen Deutschen Normensands angestellt. Das Resultat ist aus der nachstehenden Tabelle I ersichtlich.

Tabelle I.

Bezeichnung des Zements	Rückstand auf einem Siebe mit 900	2500	5000 Maschen auf 1 cm² in %	Rückstand im Schlämmtrichter %	Wassermenge zum Formen angewandt %	Festigkeit nach 28 Tagen Zug kg. per cm²	Druck kg. per cm²
I	45·7	52·7	59·7	75·2	12·0	11·3	63
II	29·9	43·9	49·0	69 9	10·5	15·8	128
III	3·4	18 7	23·4	53·6	9·0	25·3	305
IV	—	5·5	9·4	42 7	8·5	28·1	410
V	—	7·2	10·9	42·9	8·0	25·7	385

Digitized by Google

2. Darlegung der Versuche selbst.

Mit den obgenannten vier Zementsorten in drei verschiedenen Feinheitsgraden wurden teils Schlämmversuche teils die gewöhnlichen Siebproben auf Sieben mit 900, 2500 und 5000 Maschen auf 1 cm^2, teils Abbindeproben sowie Festigkeitsproben nach 3, 7, 28 Tagen und 3 Monaten vorgenommen.

a) Schlämmversuche.

Das Verfahren mit den Schlämmproben geschah teils mittels eines der im Bericht X_8 zum Kongreß in Kopenhagen genannten Trichter (Trichter I) teils auch, um die Zemente in mehrere Fraktionen geteilt zu bekommen, mittels eines anderen Trichters (Trichter V), wo die Luftzuflußöffnung eine geringere war, so daß der Schlämmrückstand erheblich größer war als im Trichter I, nämlich bei einem normalen Zement etwa 65% betrug. Das Schlämmen im Trichter I erfolgte genau wie im Bericht X_8 angegeben, und es wurden zwei Versuche mit jedem Zement angestellt. Da die Luftgeschwindigkeit im Trichter V geringer war als im Trichter I, betrug die Zeitdauer des Schlämmens 30 Minuten gegen 15 Minuten im Trichter I. Die Druckhöhe im Druckmesser ergab bei diesem Trichter zirka 10·5 cm. Auch hier wurden zwei Versuche mit jedem Zement angestellt.

Das Resultat der Schlämmversuche geht aus der Tabelle III hervor.

Aus Figur 2 sind die Resultate der Siebprobe auf dem Siebe mit 5000 Maschen auf 1 cm^2 und die Schlämmproben graphisch ersichtlich, indem die Ordinaten die Siebrückstände, bezw. Schlämmrückstände angeben.

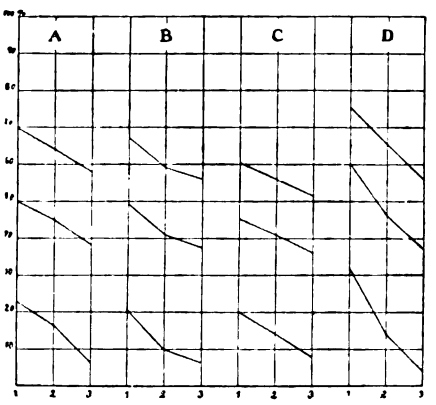


Fig. 2.

Die Ergebnisse für die drei Feinheitsgrade (1, 2 und 3) sind in Bezug auf jeden Zement für sich angeführt. Wie ersichtlich, verlaufen die Kurven für alle Zemente fast parallel.

Um einen besseren Überblick über die Menge der verschiedenen Korngrößen zu be-

Digitized by Google

Tabelle III.

Bezeichnung des Zementes	Höhe im Druckmesser cm	Dauer des Schlämmens Min.	Verwendete Zementmenge g.	Rückstand im Trichter %	Mittel %
	Versuch im Trichter I.				
A_1	7·7	15	5·000	50·3 49·7	50·0
A_2	7·5 a 7·7	15	5·000	45·0 44·9	45 0
A_3	7·7	15	5·000	38·1 38·5	38 3
B_1	7·8	15	5·000	49·2 49·2	49·2
B_2	7·7	15	5·000	41·1 40·4	40·8
B_3	7·7	15	5·000	37·5 37·3	37·4
C_1	7·6	15	5·000	45·4 44·9	45·2
C_2	7·5 a 7·6	15	5·000	40·9 40·8	40·9
C_3	7·6	15	5·000	35·9 36·1	36·0
D_1	7 6	15	5·000	60·1 60.1	60·1
D_2	7·6	15	5·000	45·5 46·4	46·0
D_3	7·6	15	5·000	36·7 37·7	37·2
	Versuch im Trichter V.				
A_1	10·5	30	5·000	70·3 69·0	69·7
A_2	10·4 a 10·5	30	5·000	64 0 64·1	64·1
A_3	10·5 a 10·6	30	5·000	57·3 58·4	57·9
B_1	10·6 a 10·7	30	5·000	66·6 67·6	67·1
B_2	10·5 a 10·6	30	5·000	59·7 58·3	59·0
B_3	10·6	30	5·000	55·6 56·1	55·9
C_1	10·4 a 10 6	30	5·000	60·4 60·2	60·3
C_2	10·7	30	5·000	55·8 55·8	55·8
C_3	10·7	30	5 000	51·2 51·3	51·3
D_1	10·8	30	5·000	75·1 75·5	75·3
D_2	10·7 a 10·8	30	5·000	65·6 65·1	65·4
D_3	10·3 a 10·5	30	5·000	55·4 56 2	55·8

Digitized by Google

Um besser ersehen zu können, in welchem Grade die Festigkeit von der Menge feiner Körner im Zement abhängig ist, sind die Resultate graphisch in Figur 1 wiedergegeben, in welcher die Ordinaten die Druckfestigkeiten und die Abszissen die Menge feinen Pulvers bezeichnen. Für die Kurve links bedeuten die Abszissen 100 — Rückstand im Schlämmtrichter des für den Mörtel angewandten Zementes, für die Kurve rechts 100 — Rückstand auf dem Siebe mit 5000 Maschen auf 1 cm². Wie ersichtlich, steigt die Festigkeit gleichmäßig mit der Menge feiner Körner. In der graphischen Darstellung sind die Resultate der Probe V nicht berücksichtigt, da diese Probe im wesentlichen wie Probe IV ist.

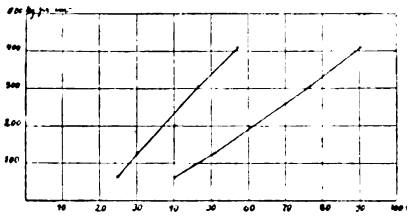


Fig. 1.

B. Endgültige Versuche.

1. Darlegung des Versuchsmaterials.

Aus drei verschiedenen Zementfabriken wurden zirka 30 kg vorgeschroteter Klinker beschafft, und zwar solcher Art, wie sie in die Rohrmühle zwecks schließlicher Feinmahlung gehen sollten, und diese Klinker wurden darauf zu drei verschiedenen Feinheitsgraden in einer kleinen Alsing-Trommel, die der Anstalt seitens der Firma F. L. Smidth & Co., Kopenhagen zur Verfügung gestellt wurde, vermahlen. Die drei verschiedenen Proben Zement wurden mit A, B bzw. C und die drei Feinheitsgrade mit 1, 2 bzw. 3 bezeichnet. A und B waren Rotierofenklinker, C dagegen war Schachtofenklinker.

Jede dieser drei Klinkerproben, bezeichnet mit A, B und C, wurden sorgfältig gemengt und dann in drei Teile geteilt, von denen jeder für sich vollständig zu den drei Feinheitsgraden vermahlen wurde. Während der Mahlung wurde der Mahlungsgrad von Zeit zu Zeit untersucht, indem man der Trommel eine Probe entnahm und den Siebrückstand auf dem Siebe mit 5000 Maschen auf 1 cm² bestimmte. Es war beabsichtigt, die drei verschiedenen Feinheitsgrade mit Siebrückständen auf dem Sieb mit 5000 Maschen auf 1 cm² von etwa 24, etwa 18, bzw. etwa 10% herzustellen. Wie aus der Tabelle II hervorgeht, gelang es jedoch nicht, die

Digitized by Google

obengenannten Feinheitsgrade zu erzielen, da die Entnahme einer wirklichen Durchschnittsprobe direkt von der Trommel nicht durchführbar war.

Von einer vierten Fabrik wurde direkt Zement in den drei verschiedenen Feinheitsgraden beschafft, die auf eine der früher genannten Arten hergestellt waren, nämlich durch Entnahme der Proben nach der Mahlung in der Rohrmühle 1. bei außergewöhnlich starker Zuführung in die Rohrmühle, 2. bei normaler Zuführung und 3. bei außergewöhnlich geringer Zuführung. Diese Zementsorte war Rotier-Ofenzement und wurde mit D bezeichnet, während die drei Feinheitsgrade mit 1, 2 bzw. 3 bezeichnet wurden.

In der Tabelle II sind teils die zur Mahlung der verschiedenen Feinheitsgrade von A, B und C aufgewendeten Zeiten, teils die Siebrückstände auf dem 5000 Maschen-Siebe angegeben, die durch Sieben der Zemente in dem Zustand, in dem sie für die Versuche angewendet wurden (d. h. nach sorgfältiger Mischung und Entnahme der Durchschnittsprobe), entstanden. Die Siebrückstände auf dem 5000 Maschen-Sieb für die mit D_1, D_2, D_3 bezeichneten Zemente sind ebenfalls angegeben. Die angeführten Siebrückstände ergaben sich durch Sieben der Schlämmrückstände aus den später genannten Schlämmversuchen in Trichter I.

Tabelle II.

Bezeichnung des Zementes	Art der Klinker	Dauer der Mahlung	Siebrückstand auf dem Siebe mit 5000 Maschen auf 1 cm² %
A_1	Rotierofenklinker	21 Minuten	23·0
A_2		30 „	16·5
A_3		46 „	6·3
B_1	Rotierofenklinker	1 Stunde	20·4
B_2		1½ Stunden	9·8
B_3		2 „	6·3
C_1	Schachtofenklinker	20 Minuten	20·1
C_2		30 „	14·1
C_3		50 „	7·8
D_1	Rotierofenklinker		31·9
D_2			14·2
D_3			4·1

Digitized by Google

2. Darlegung der Versuche selbst.

Mit den obgenannten vier Zementsorten in drei verschiedenen Feinheitsgraden wurden teils Schlämmversuche teils die gewöhnlichen Siebproben auf Sieben mit 900, 2500 und 5000 Maschen auf 1 cm^2, teils Abbindeproben sowie Festigkeitsproben nach 3, 7, 28 Tagen und 3 Monaten vorgenommen.

a) Schlämmversuche.

Das Verfahren mit den Schlämmproben geschah teils mittels eines der im Bericht X_8 zum Kongreß in Kopenhagen genannten Trichter (Trichter I) teils auch, um die Zemente in mehrere Fraktionen geteilt zu bekommen, mittels eines anderen Trichters (Trichter V), wo die Luftzuflußöffnung eine geringere war, so daß der Schlämmrückstand erheblich größer war als im Trichter I, nämlich bei einem normalen Zement etwa 65% betrug. Das Schlämmen im Trichter I erfolgte genau wie im Bericht X_8 angegeben, und es wurden zwei Versuche mit jedem Zement angestellt. Da die Luftgeschwindigkeit im Trichter V geringer war als im Trichter I, betrug die Zeitdauer des Schlämmens 30 Minuten gegen 15 Minuten im Trichter I. Die Druckhöhe im Druckmesser ergab bei diesem Trichter zirka 10·5 cm. Auch hier wurden zwei Versuche mit jedem Zement angestellt.

Das Resultat der Schlämmversuche geht aus der Tabelle III hervor.

Aus Figur 2 sind die Resultate der Siebprobe auf dem Siebe mit 5000 Maschen auf 1 cm^2 und die Schlämmproben graphisch ersichtlich, indem die Ordinaten die Siebrückstände, bezw. Schlämmrückstände angeben.

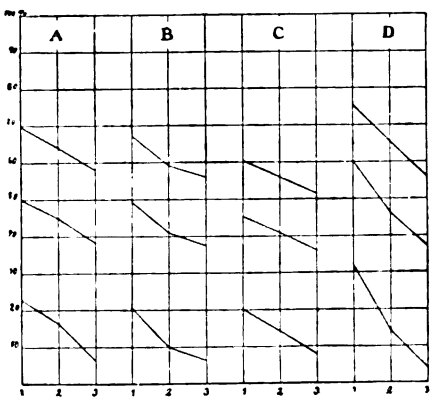


Fig. 2.

Die Ergebnisse für die drei Feinheitsgrade (1, 2 und 3) sind in Bezug auf jeden Zement für sich angeführt. Wie ersichtlich, verlaufen die Kurven für alle Zemente fast parallel.

Um einen besseren Überblick über die Menge der verschiedenen Korngrößen zu be-

Digitized by Google

Tabelle III.

Bezeichnung des Zementes	Höhe im Druckmesser cm	Dauer des Schlämmens Min.	Verwendete Zementmenge g.	Rückstand im Trichter %	Mittel %
	Versuch im Trichter I.				
A_1	7·7	15	5·000	50·3 49·7	50·0
A_2	7·5 a 7·7	15	5·000	45·0 44·9	45 0
A_3	7·7	15	5·000	38·1 38·5	38 3
B_1	7·8	15	5·000	49·2 49·2	49·2
B_2	7·7	15	5·000	41·1 40·4	40·8
B_3	7·7	15	5·000	37·5 37·3	37·4
C_1	7·6	15	5·000	45·4 44·9	45·2
C_2	7·5 a 7·6	15	5·000	40·9 40·8	40·9
C_3	7·6	15	5·000	35·9 36·1	36·0
D_1	7 6	15	5·000	60·1 60.1	60·1
D_2	7·6	15	5·000	45·5 46·4	46·0
D_3	7·6	15	5·000	36·7 37·7	37·2
	Versuch im Trichter V.				
A_1	10·5	30	5·000	70·3 69·0	69·7
A_2	10·4 a 10·5	30	5·000	64·0 64·1	64·1
A_3	10·5 a 10·6	30	5·000	57·3 58·4	57·9
B_1	10·6 a 10·7	30	5·000	66·6 67·6	67·1
B_2	10·5 a 10·6	30	5·000	59·7 58·3	59·0
B_3	10·6	30	5·000	55·6 56·1	55·9
C_1	10·4 a 10 6	30	5·000	60·4 60·2	60·3
C_2	10·7	30	5·000	55·8 55·8	55·8
C_3	10·7	30	5 000	51·2 51·3	51·3
D_1	10·8	30	5·000	75·1 75·5	75·3
D_2	10·7 a 10·8	30	5·000	65·6 65·1	65·4
D_3	10·3 a 10·5	30	5·000	55·4 56 2	55·8

Digitized by Google

kommen, die die Zemente enthalten, sind in der Tabelle IV in der zweiten Kolonne die Siebrückstände auf dem Siebe mit 5000 Maschen auf 1 cm^2 angegeben (und zwar bezeichnet mit Korngröße 1), in der dritten Kolonne die Differenz zwischen den Rückständen im Trichter I und den Siebrückständen auf dem Siebe mit 5000 Maschen auf 1 cm^2 (Korngröße 2), in der vierten Kolonne die Differenz zwischen den Schlämmrückständen im Trichter V und Trichter I (Korngröße 3) und in der fünften Kolonne endlich die Menge des im Trichter V weggeschlämmten Pulvers, nämlich 100 — Rückstand im Trichter V (Korngröße 4).

Tabelle IV.

Bezeichnung des Zementes	Korngröße 1	Korngröße 2	Korngröße 3	Korngröße 4
	Rückstand auf 5000 Maschensieb %	Rückstand im Trichter I — Rückstand auf 5000 Maschensieb %	Rückstand im Trichter V — Rückstand im Trichter I %	100 — Rückstand im Trichter V %
A^1	23·0	27·0	19·7	30·3
A^2	16·5	28·5	19·1	35·9
A^3	6·3	32·0	19·6	42·1
B^1	20·4	28·8	17·9	32·9
B^2	9·8	31·0	18·2	41·0
B^3	6·3	31·1	18·5	44·1
C^1	20·1	25·1	15·1	39·7
C^2	14·1	26·8	14·9	44·2
C^3	7·8	28·2	15·3	48·7
D^1	31·9	28·2	15·2	24·7
D^2	14·2	31·8	19·4	34·6
D^3	4·1	33·1	18·6	44·2

In den Figuren 3, 4, 5 und 6 sind diese Resultate graphisch für jede der vier Zementsorten für sich wiedergegeben. Die Ordinaten geben die Menge in Prozenten der vier verschiedenen Korngrößen 1, 2, 3 und 4 an. Die vollen Linien bezeichnen die Korngrößen für den am gröbsten gemahlenen, die punktierten Linien für den mittelfeinen und die strichpunktierten Linien für den am feinsten gemahlenen Zement.

Wie ersichtlich, existiert kein großer Unterschied in der Menge der Korngröße 2 für die verschiedenen Feinheitsgrade. Der größte Unterschied beträgt 5·0% (32·0 — 27·0) für Zement A, der kleinste

Digitized by Google

2·3% (31·1 — 28·8) für Zement B. Ein überraschender Umstand ist der, daß der Unterschied in der Korngröße **3** bei den verschiedenen Feinheitsgraden so gering ist. Für die Zemente A, B und C beträgt derselbe höchstens 0·6%. In Bezug auf Zement D bildet jedoch

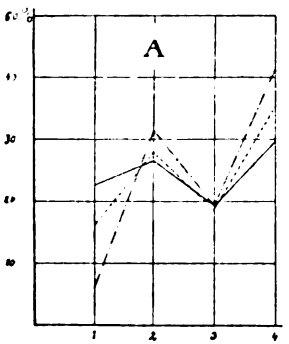


Fig. 3.

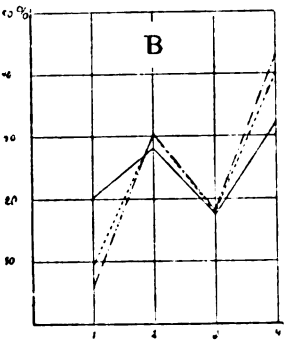


Fig. 4.

der am gröbsten gemahlene Zement eine Ausnahme, indem derselbe etwa um 4% von den zwei anderen Feinheitsgraden abweicht. Vielleicht ist die Ursache darin zu suchen, daß derselbe erheblich gröber als die übrigen Zemente gemahlen war (Rückstand auf dem Siebe mit

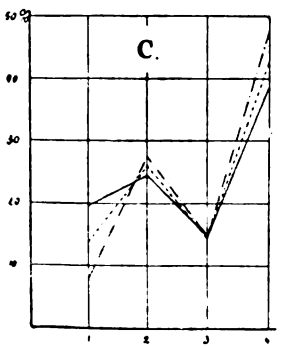


Fig. 5.

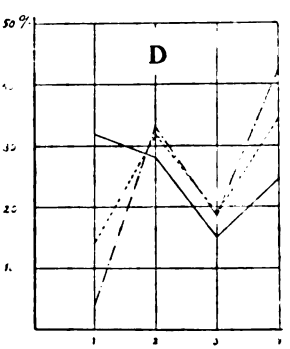


Fig. 6.

5000 Maschen auf 1 cm² 31·9%); möglicherweise kann es auch von Bedeutung gewesen sein, daß die Vermahlung der drei Feinheitsgrade, nicht wie dies bei den drei anderen Zementsorten der Fall war, von derselben Partie vorgeschroteter Klinker als Ausgangspunkt geschah, sondern in der Fabrik selbst durch Veränderung der Geschwindigkeit der Speiseschnecke erfolgte.

Digitized by Google

Es scheint, als ob die Menge der Korngröße 3 ein Kennzeichen für die Herstellungsweise der Zemente ist; für die Zemente A, B und D, die Rotierofenzemente sind, beträgt sie 18—19%, für Zement C, der ein Schachtofenzement ist, beträgt sie etwa 15%.

Behufs einer Untersuchung, inwieweit sich das gleiche bei einem anderen Schachtofenzement wiederholen würde, bezog die Anstalt aus einer anderen Fabrik als derjenigen, die den Zement C geliefert hatte, eine neue Probe von Schachtofenklinkern. Bemerkt sei jedoch, daß diese Klinker aus den Seiten eines Schachtofens, der während ungefähr drei Viertel Jahren nicht in Gebrauch gewesen war, stammten, so daß sie möglicherweise nicht als ganz normale Klinker angesehen werden können.

Diese Klinker wurden auf einer Kugelmühle vorgeschrotet und dann ebenso wie die Proben A, B und C zu drei verschiedenen Feinheitsgraden auf der Alsing-Trommel vollständig vermahlen. Die dadurch hergestellten Proben wurden mit E_1, E_2 bzw. E_3 bezeichnet.

Mit den Proben wurden Siebproben auf dem Siebe mit 5000 Maschen auf 1 cm² und Schlämmproben im Trichter I und V vorgenommen.

Die Resultate sind aus der Tabelle V ersichtlich.

Tabelle V.

Bezeichnung des Zementes	Art der Klinker	Dauer der Mahlung Min.	Rückstand auf dem Siebe mit 5000 Maschen auf 1 cm² %	Höhe im Druckmesser cm	Dauer des Schlämmens Minuten	Verwendete Zementmenge g	Rückstand im Trichter %	Mittel %
				Versuch in Trichter I.				
E_1	Schachtofenklinker	30	20·8	7·4 a 7·5	15	5 000	$<\frac{49·6}{49·0}$	49·3
E_2		45	13·0	7·5	15	5·000	$<\frac{43·2}{43·2}$	43 2
E_3		60	7·9	7·6	15	5·000	$<\frac{38·6}{38·5}$	38·6
				Versuch in Trichter V.				
E_1	Schachtofenklinker			10·5	30	5·000	$<\frac{67·2}{66·1}$	66·7
E_2				10·5	30	5·000	$<\frac{60·0}{60·1}$	60 1
E_3				10·5	30	5 000	$<\frac{56·1}{55·3}$	55·7

Digitized by Google

Die Mengen der verschiedenen Korngrößen sind aus Tabelle VI ersichtlich.

Tabelle VI.

Bezeichnung des Zementes	Korngröße 1	Korngröße 2	Korngröße 3	Korngröße 4
	Rückstand auf dem Siebe mit 5000 Maschen auf 1 cm² %	Rückstand im Trichter I — Rückstand auf dem Siebe mit 5000 Maschen auf 1 cm² %	Rückstand im Trichter V — Rückstand im Trichter I %	100 — Rückstand im Trichter V %
E_1	20·8	28·5	17·4	33·3
E_2	13·0	30·2	16·9	39·9
E_3	7·9	30·7	17·1	44·3

Aus Figur 7 gehen diese letzteren Resultate graphisch hervor.

Man ersieht zunächst, daß die Menge der Korngröße 3 auch hier ungefähr die gleiche für alle drei Feinheitsgrade ist. Ferner bemerkt man, daß die Menge der Korngröße 3 auch bei diesem Schachtofenzement etwas geringer als bei den Rotierofenzementen ist, jedoch beträgt der Unterschied nicht so viel wie jener für Zement C.

Dieses Verhältnis dürfte jedoch von keinem größeren Interesse sein in Anbetracht des Umstandes, daß wohl nun nicht viel Schachtofenzement hergestellt wird.

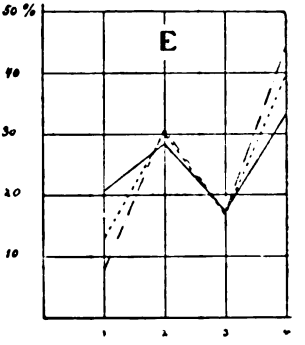


Fig. 7.

b) Untersuchung der allgemeinen Eigenschaften der Zemente und deren Abhängigkeit von der Korngröße.

Mit den Zementen A, B, C und D, wurden sodann gewöhnliche Siebproben sowie Abbindeproben nebst Festigkeitsproben auf Zug und Druck nach 3, 7, 28 Tagen und 3 Monaten vorgenommen. Die Probekörper wurden in üblicher Weise mittels Böhmes Hammerapparat im Mischungsverhältnis 1 Teil Zement mit 3 Teilen deutschen Normensandes angefertigt und während eines Zeitraumes von 24 Stunden in feuchter Luft und den Rest der Lagerzeit in Wasser gelagert. Die Resultate sind aus der Tabelle VII ersichtlich.

Digitized by Google

Tabelle VII.

Bezeichnung des Zementes	Abbindeproben: Wassermenge zur Normalkonsistenz %	Abbindeproben: Das Abbinden begann	Abbindeproben: Abbindezeit	Siebproben: Siebrückstand auf Sieb mit 900 Maschen auf 1 cm² %	Siebproben: Siebrückstand auf Sieb mit 2500 Maschen auf 1 cm² %	Siebproben: Siebrückstand auf Sieb mit 5000 Maschen auf 1 cm² %
A_1	26 1/4	3 3/4 Stunden	8 Stunden	1·9	17·7	21·9
A_2	26	3 1/2 „	7 3/4 „	0·2	11·2	16·3
A_3	27 1/2	2 3/4 „	6 „	—	2·8	5·3
B_1	23	5 1/4 Stunden	8 1/4 Stunden	0·5	12·7	18·3
B_2	23 1/2	4 3/4 „	7 1/2 „	—	5·5	7·9
B_3	23 1/4	4 1/4 „	7 1/2 „	—	2·0	4·2
C_1	24 1/2	1 1/4 Stunden	2 Stunden	1·4	16·4	21·2
C_2	24 1/2	30 Minuten	1 „	—	9·8	14·9
C_3	25 1/2	6 „	30 Minuten	—	4·5	9·0
D_1	21 3/4	5 Stunden	8 3/4 Stunden	5·8	24·6	30·1
D_2	22 1/2	4 3/4 „	9 „	0·2	8·7	13·7
D_3	22 3/4	1 3/4 „	5 3/4 „	—	2·1	4·8

Bezeichnung des Zementes	Wassermenge zum Formen verwendet	Festigkeit in kg per cm² nach 3 Tagen Zug	3 Tagen Druck	7 Tagen Zug	7 Tagen Druck	28 Tagen Zug	28 Tagen Druck	3 Monaten Zug	3 Monaten Druck
A_1	9·0	11·0	84	16·8	140	21·4	294	25·8	379
A_2	9·0	10·5	83	16·6	179	21·6	362	25·9	421
A_3	9·0	15·5	142	22·0	259	25·5	420	32·9	498
B_1	8·0	14·9	153	16·6	228	25·1	338	30·6	468
B_2	8·0	17·8	194	22·4	302	29·4	450	36·0	556
B_3	8·0	20·3	222	26·8	334	29·5	483	37·5	579
C_1	8·5	5·5	40	7·4	53	10·7	88	17·7	133
C_2	8·5	6·6	57	8·5	74	11·7	114	19·1	167
C_3	8·5	7·6	68	9·4	82	12·8	126	18·4	182
D_1	8·0	9·8	63	20·2	144	26·6	270	28·5	376
D_2	8·0	13·5	102	20·9	209	30·1	391	36·5	522
D_3	8·0	18·7	182	23·5	292	29·7	470	37·7	563

Digitized by Google

α) Siebproben.

Die Siebproben sind in der bei der Staatsanstalt üblichen Weise mit 100 g Zement und durch Handsieb ausgeführt. Wie ersichtlich, sind die Resultate des Siebens auf dem 5000 Maschen-Sieb nicht in Übereinstimmung mit den in Tabelle II angegebenen. Der Unterschied ist aller Wahrscheinlichkeit nach teils darin zu suchen, daß bei den gewöhnlichen Proben 100 g Zement zum Sieben verwendet werden — bei den in Tabelle II in Betracht kommenden Proben dagegen nur einige Gramm — teils darin, daß ein Unterschied in der Art und Weise vorhanden war, in der die beiden Siebungen zur Ausführung gelangten. Für das gewöhnliche Handsieben werden geschlossene Siebe benutzt, die während des Siebens nach unten gegen eine Unterlage geschlagen werden; bei den anderen Siebproben wurde ein offenes Sieb benutzt, das während des Siebens anfangs nach seitlicher Richtung geschlagen und dann nur seitlich ohne Schlag hin und zurück geführt wurde.

Für die früher erwähnten Kurven sind die Ergebnisse des zuletzt genannten Siebverfahrens verwendet worden. Man erreichte hierdurch, daß die Siebproben mit der gleichen Durchschnittsprobe der Zemente, wie für die Schlämmproben, vorgenommen wurden, woraus man schließen durfte, zuverlässigere Resultate zu erhalten.

β) Abbindeproben

Was zunächst die Menge der für die Normalkonsistenz nötigen Wassermenge anbetrifft, ersieht man, daß keine völlige Regelmäßigkeit vorhanden ist. Beispielsweise erfordert A_1 etwas mehr Wasser als A_2 und C_1 die gleiche Wassermenge wie C_2. Dies beruht sicher darauf, daß die Genauigkeit, mit der man die Normalkonsistenz bestimmen kann, nicht hinreicht, um den Unterschied im Wasserverbrauch der — in der Feinheit nicht besonders verschiedenen Zemente — finden zu können. Im großen und ganzen sieht man aber, daß, je feiner der Zement gemahlen ist, desto mehr Wasser für die Normalkonsistenz erforderlich ist.

Wie aus der Tabelle hervorgeht, hat die Feinmahlung einen nicht unwesentlichen Einfluß auf den Zeitpunkt des Beginnes der Abbindung und auf die Bindezeit, indem eine feinere Mahlung eine schnellere Abbindung ergibt.

Digitized by Google

γ) Festigkeitsproben.

Um einen Überblick darüber zu erhalten, wie sich die Festigkeit der verschiedenen Feinheitsgrade verhält, sind die Resultate graphisch in Figur 8 hinsichtlich der Zugfestigkeit, in

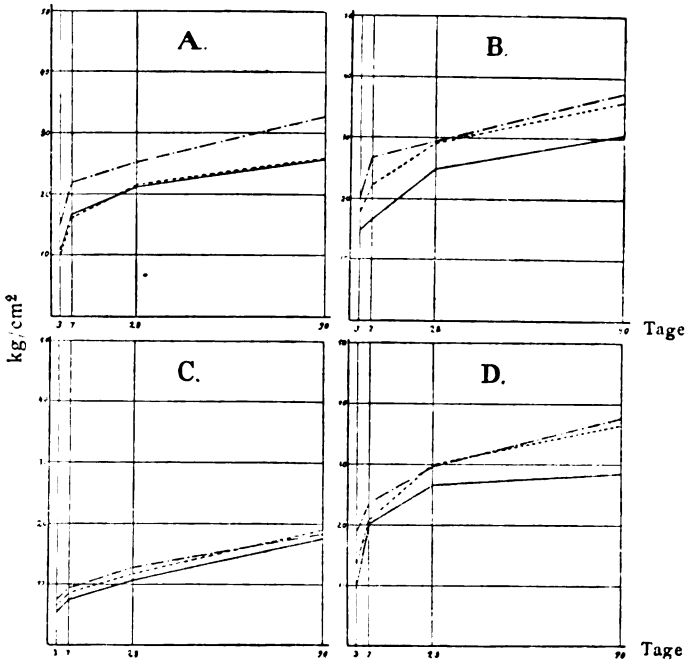


Fig. 8. Zugfestigkeitsproben.

Figur 9 hinsichtlich der Druckfestigkeit dargestellt, wobei die Ordinaten die Festigkeitszahlen, die Abszissen die Lagerungszeit der Probekörper angeben.

Die voll gezogenen Kurven zeigen die Resultate für den am gröbsten gemahlenen, die punktierten Kurven für den mittelfeinen und die strichpunktierten Kurven für den am feinsten gemahlenen Zement.

Was nun die Zugfestigkeit anbetrifft, ergeben sich sichtlich etwas unregelmäßige Resultate.

In Bezug auf die Zemente A gibt der grobe und mittelfeine Zement im wesentlichen die gleichen Zugfestigkeiten nach allen Lagerungszeiten, während der am feinsten gemahlene im ganzen bedeutend größere Festigkeit zeigt. Bei B zeigt sich durchwegs eine

Digitized by Google

Steigung der Festigkeit, indessen ist der Unterschied zwischen der Festigkeit von 28 Tagen und 3 Monaten für die zwei am einsten gemahlenen Zemente nur gering. Bei C ist ein gleichzeitiges Steigen mit dem Mahlungsgrade vorhanden, wenn man von den Drei-Monatsproben für die zwei am feinsten gemahlenen absieht.

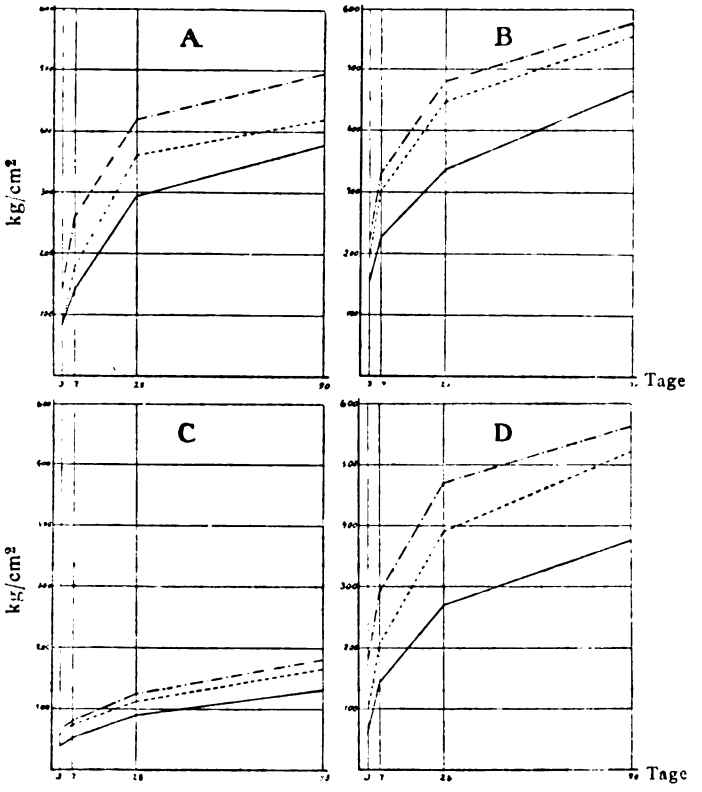


Fig. 9. Druckfestigkeitsproben.

Schließlich zeigt sich auch bei D ein Steigen mit dem Feinheitsgrade, mit Ausnahme der 28tägigen Proben der zwei am feinsten gemahlenen Zementen.

Daß die Regelmäßigkeit nicht größer ist, rührt vermutlich daher, daß die Zugfestigkeitsproben im allgemeinen nicht so regelmäßige Resultate wie die Druckfestigkeitsproben ergeben. Im großen und ganzen geht jedoch aus den Versuchen hervor, daß

Digitized by Google

die Zugfestigkeit mit dem Feinmahlungsgrade steigt, selbst wenn der Unterschied in der Feinheit nicht größer ist als in derjenigen der geprüften Zemente.

Die Druckfestigkeiten dagegen zeigen bei sämtlichen untersuchten Zementen, abgesehen von den dreitägigen Proben für die zwei gröbsten Zemente von A, eine regelmäßige und nicht unbedeutende Steigerung.

Diese Regelmäßigkeit in der Steigerung der Druckfestigkeit, die gewiß daher rührt, daß die Genauigkeit bei Druckfestigkeitsproben überhaupt größer ist, als bei Zugfestigkeitsproben und der Umstand, daß diese Versuche von weit größerer Bedeutung für die Praxis sind als Zugfestigkeitsversuche, rechtfertigt es dann, daß die Ergebnisse dieser Proben etwas näher betrachtet werden sollen.

Um zu sehen, in welcher Weise die Festigkeit von der Menge feiner Körner abhängt, ist, soweit die vier Zemente in Betracht kommen, das Verhältnis zwischen den Druckfestigkeiten und den Mengen des durch das 5000 Maschen-Sieb gegangenen bzw. des in den Trichtern I und V weggeschlämmten Materials graphisch in den Figuren 10—13 wiedergegeben. Die Mengen des durch das Sieb passierten bzw. des in den Trichtern weggeschlämmten Teils geht aus Tabelle VIII hervor.

Tabelle VIII.

Bezeichnung des Zementes	Prozentmenge von Körnern passiert durch oder weggeschlämmt in		
	Sieb mit 5000 Maschen	Trichter I	Trichter V
A_1	77·0	50·0	30·3
A_2	83·5	55·0	35·9
A_3	93·7	61·7	42·1
B_1	79·6	50·8	32·9
B_2	90·2	59·2	41·0
B_3	93·7	62·6	44·1
C_1	79·9	54·8	39·7
C_2	85·9	59·1	44·2
C_3	92·2	64·0	48·7
D_1	68·1	39·9	24·7
D_2	85·8	54·0	34·6
D_3	95·9	62·8	44·2

Digitized by Google

Die Ordinaten in Fig. 10—13 geben die Druckfestigkeiten, die Abszissen die Menge der passierten bzw. weggeschlämmten Körner an. Für die Kurven mit vollen Linien bilden die Abszissen die Menge der in Trichter V weggeschlämmten Körner, für die Kurven mit punktierten Linien die Menge der in Trichter I weggeschlämmten Körner und für die Kurven mit strichpunktierten Linien endlich die Menge der durch das Sieb mit 5000 Maschen

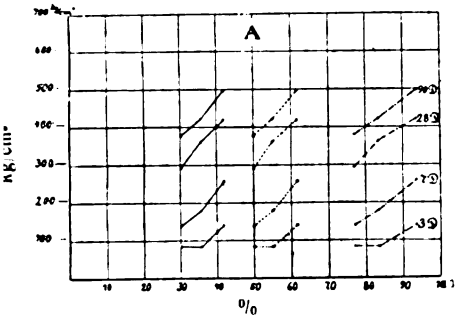


Fig. 10.

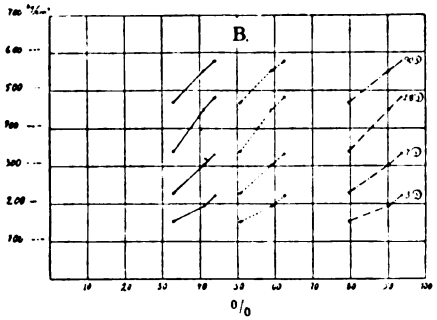


Fig. 11.

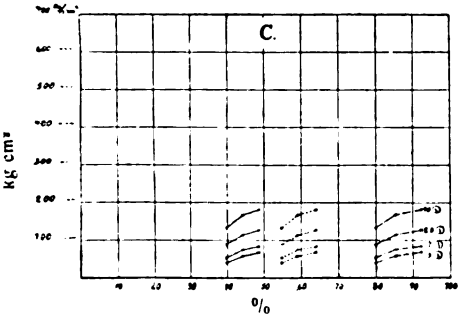


Fig. 12.

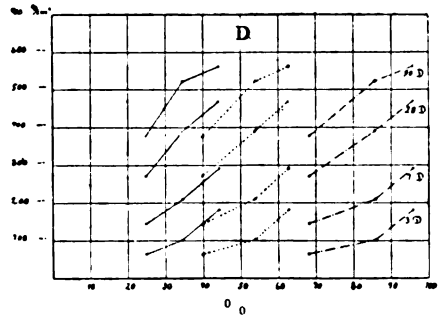


Fig. 13.

auf 1 cm² passierten Körner. Die unteren Kurven gelten für die dreitägigen Proben, die dann folgenden für siebentägige Proben usw.

In den Figuren bedeutet 3 D, 7 D usw.: 3 Tage, 7 Tage usw.

Man ersieht, daß, mit Ausnahme der dreitägigen Proben für die Zemente A, eine ziemlich gleichmäßige Steigung der Festigkeit vorhanden ist, wenn die Menge der feinen Körner zunimmt, und daß kein wesentlicher Unterschied in der Form der Kurven vorliegt, ob man als Abszissen die Körnermenge aufträgt, die durch das Sieb mit 5000 Maschen auf 1 cm² passierte, oder die Körnermenge, die in Trichter I bzw. Trichter V weggeschlämmt worden ist.

Digitized by Google

3. Zusammenfassung.

Die Resultate der Versuche über den Einfluß der Feinmahlung auf Zement lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen.

Der Einfluß der Feinmahlung auf die Menge der verschiedenen Korngrößen bewegt sich, zum mindesten, was die Feinmahlung vorgeschroteter Klinker anbetrifft, wie solche zwecks schließlicher Feinmahlung in die Rohrmühle gehen sollen, in der Richtung, daß die Menge grober Körner kleiner, die Menge feiner Körner größer wird, wogegen sich die Menge mittelgroßer Körner ungefähr konstant hält[1]). Ferner scheint ein Unterschied in den Mengen einer einzelnen Korngröße für Rotierofenzemente auf der einen Seite und Schachtofenzemente auf der anderen Seite vorhanden zu sein. Dieses letzte Verhältnis muß jedoch als etwas unsicher betrachtet werden, da kaum eine der beiden untersuchten Schachtofenzementsorten als normal angesehen werden dürfte.

Was die Abbindeproben anbetrifft, zeigt es sich, wie es zu erwarten stand, erstens, daß die für die Normalkonsistenz nötige Wassermenge, abgesehen von einigen Unregelmäßigkeiten, mit dem Feinmahlungsgrade steigt und zweitens, daß das Abbinden durch eine größere Feinmahlung beschleunigt wird.

Was nun die Festigkeit des Zementes anbetrifft, nimmt die Zugfestigkeit mit dem Feinmahlungsgrade zu, doch ist die Zunahme, vermutlich auf Grund der sich bei der Festsetzung der Zugfestigkeit zeigenden Unregelmäßigkeiten, keine völlig regelmäßige. Hinsichtlich der Druckfestigkeit zeigen die Versuche dagegen, daß eine regelmäßige und erhebliche Steigung mit dem Mahlungsgrade eintritt.

C. Anderweitige Versuche.

Außer den schon genannten Versuchen wurde mit drei verschiedenen Zementen eine Bestimmung des Gehalts an CaO und SiO_2 in den beim Sieben mit einem Sieb von 5000 Maschen

[1]) Die Resultate stimmen nur dann mit dem von Feret in der Baumaterialienkunde 1904, Seite 169 u. f. ausgesprochenen Satz, „daß eine Fortsetzung der Mahlung nichts anderes als eine vorwärtsschreitende Feinteilung der gröbsten Körner bewirkt, ohne die Zusammensetzung des übrigen Pulvers zu verändern", wenn man das Sieb mit 5000 Maschen auf 1 cm^2 und Trichter I benutzt; bei Anwendung des Trichters V, wenn demnach die Trennung nach noch kleinerer Korngröße geschieht, ist eine deutliche Veränderung im Verhältnis zwischen den Mengen feinster und nächstfeinster Korngröße vorhanden.

Digitized by Google

auf 1 cm^2 und Schlämmung in Trichter I erzielten drei Fraktionen vorgenommen.

Die Versuche wurden zur Prüfung der Frage angestellt, inwiefern ein merkbarer Unterschied in der Zusammensetzung der drei Fraktionen vorhanden ist, da es sich ja sehr wohl denken ließe, daß ein Unterschied in der Härte jener verschiedenen Bestandteile, die der Annahme nach die Klinker bilden, existiere, derart, daß die feinsten Körner vorzugsweise aus den weichsten Bestandteilen bestünden.

Tabelle IX.

Bezeichnung des Zementes	Art des Zementes	Fraktion	Größe der Fraktion %	Gehalt an CaO %	Gehalt an SiO_2 %
C 2098	Unbekannt	Rückstand auf dem 5000 Maschen-Sieb	17·2	65·0	22·5
		Rückstand im Trichter I — Rückstand auf dem 5000 Maschen-Sieb	29·0	65·0	23·1
		100 — Rückstand in Trichter I	53·8	65·1	22·6
A 2	Rotierofenzement	Rückstand auf dem 5000 Maschen-Sieb	16·5	64·8	22·6
		Rückstand im Trichter I — Rückstand auf dem 5000 Maschen-Sieb	28·5	66·2	22·8
		100 — Rückstand in Trichter I	55·0	65·1	21·3
E 2	Schachtofenzement	Rückstand auf dem 5000 Maschen-Sieb	13·0	64·4	22·4
		Rückstand im Trichter I — Rückstand auf dem 5000 Maschen-Sieb	30·2	65·3	23·4
		100 — Rückstand in Trichter I	56·8	64·6	22·4

Digitized by Google

Für die Versuche wurden teils ein Zement (C 2098), der von den laufenden Untersuchungen der Staatsprüfungsanstalt herrührte, teils die für die früheren Versuche angewandten Zemente mit der Bezeichnung A_2 und E_2 benutzt.

Das Untersuchungsergebnis des Zements C 2098 (getrocknet bei zirka 120° C) und der beiden anderen Zemente (getrocknet bei 105° C) ist aus Tab. IX ersichtlich.

Nach den in der Tabelle angegebenen Resultaten scheint in der chemischen Zusammensetzung der drei Fraktionen kein Unterschied von Bedeutung vorhanden zu sein.

D. Schlußbemerkungen.

Die Figuren 10—13 zeigen, daß, wenn eine Fabrik während der Mahlung eines Zementes aus der Feinheit ein Urteil darüber fällen will, welche Druckfestigkeit sich wohl erwarten lasse, sie ebensogut das Sieb mit 5000 Maschen auf 1 cm^2 wie die Windsichtung anwenden kann, vorausgesetzt, daß sie stets das gleiche Siebtuch und stets das gleiche Verfahren beim Sieben zur Anwendung bringt, also das Sieben stets gleichartig ausgeführt wird. Eine größere Gleichartigkeit in der Bestimmung der Feinheit wird man natürlich durch Anwendung des Apparates mit Trichter I erzielen, aber für eine Fabrik, der es nicht darauf ankommt, ganz genaue Resultate zu bekommen, sondern nur Resultate, die untereinander verglichen werden können, dürfte es während des täglichen Betriebes von keiner wesentlichen Bedeutung sein, Windsichtung anzuwenden.

Für Versuche dagegen, die genauer sein sollen, dürfte es von Bedeutung sein, Luftschlämmen im Apparate mit Trichter I anzuwenden, da man hierdurch sowohl der Unsicherheit, die die Unregelmäßigkeit des Siebtuches mit sich führt, ausweicht, als auch den Rückstand erheblich größer erhält, wodurch sich der Mahlungsgrad mit größerer Sicherheit beurteilen läßt. Es ist auch anzunehmen, daß sich der Apparat unter Benutzung von zwei Trichtern als nützlich erweisen wird, sowohl bei praktischen Versuchen, beispielsweise bei solchen über die Wirkungsart verschiedener Mahlapparate, als auch bei mehr wissenschaftlichen Untersuchungen von Zementen verschiedenen Ursprunges und verschiedenartiger Zusammensetzung.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XV4

DIE BEDEUTUNG DES FEINSTEN MEHLES IM PORTLANDZEMENT.

Von Prof. **F. Schüle** und **Dr. H. de Gottrau**, Zürich.

Von Prof. Gary (Groß-Lichterfelde) und Ing. Petersen (Kopenhagen) sind Apparate vorgeschlagen worden zur Trennung des Portlandzementes nach 4 oder 3 Mehlfeinheiten durch Windsichtung. Welche Eigenschaften besitzen die verschiedenen Mehl-Fraktionen?

In der eidgen. Materialprüfungsanstalt sind zur Beantwortung dieser Frage zwei Portlandzemente untersucht worden; als Apparat diente der Gary-Lindersche Windsichter, welcher leider nur sehr geringe Mengen Zement in den verschiedenen Mehlfeinheiten liefert; die Untersuchungen mußten daher mit 1·3 kg resp. 1·5 kg in 4 Fraktionen gesiebten Zementen durchgeführt werden.

Im Durchschnitt ergaben die Zemente folgende Mengen der einzelnen Fraktionen:

	Rückstand am	Beim Windsichten			
	4900 M.-Sieb	1. Fraktion	2. Fraktion	3. Fraktion	4. Fraktion
Zement Nr. 324	13·1	50·3	16·7	8·5	11·3%
„ „ 329	12·2	56·0	14·7	6·7	10·9%

Die beiden Zemente wurden auf ihre chemische Beschaffenheit, Abbindeverhältnisse und Festigkeit als Mörtel 1 : 3 geprüft; dabei sind die üblichen Prüfungsmethoden der geringen Zementmenge wegen nicht direkt anwendbar gewesen; die Abbindeverhältnisse sind von einem geübten Vorarbeiter durch Verfolgung des Ober-

Digitized by Google

flächenglanzes der Kuchen und der Nadeleindrücke annähernd bestimmt worden; die Festigkeitsverhältnisse sind an Mörtelprismen 1·5 × 1·5 × 8 cm angemacht in plastischer Konsistenz (11% Wasser) mit schweiz. Normalsand ermittelt worden. Diese Prismen sind nach 7- und 28tägiger Wasserlagerung bei 5 cm Stützweite und konzentrierter Last in der Mitte auf Biegung, sodann die Bruchstücke auf Druck zwischen 1·5 cm breite Stahlplatten erprobt worden. Die gegebenen Zahlen sind Mittelwerte aus je 3 Biegeproben oder je 6 Druckproben. Die Zugfestigkeit ist als Hälfte der Biegungsfestigkeit in die Tabelle eingetragen worden.

Die Resultate der Untersuchungen sind die folgenden:

1. Chemische Analysen.

Mit jedem Portlandzement wurden von Dr. H. de Gottrau 6 Analysen vorgenommen.

Portlandzement Nr. 324 (Schachtofen).

Komponenten auf gebrannten Zustand umgerechnet	Ursprüngliches Material	Rückstand am 4900 M.-Sieb	Windsichtung:			
			1. Fraktion	2. Fraktion	3. Fraktion	4. Fraktion
SiO_2	23·01	22·47	23·53	22·95	22·34	21·12
Al_2O_3	5·70	6·30	5·76	6·17	6·18	6·75
Fe_2O_3	2·81	2·89	2·32	2·31	2·60	2·64
CaO	60·59	61·29	61·65	59·73	58·37	56·43
$CaSO_4$	3·91	3·26	3·89	5·00	6·16	8·38
MgO	2·22	2·67	2·35	2·40	2·24	2·51
Alkalien (Diff.)	1·76	1·12	0·50	1·44	2·11	2·17
Glühverlust	2·56	1·62	1·43	2·79	3·84	5·12
Spezifisches Gewicht	3·12	3·12	3·14	3·06	3·03	2·98
$\frac{CaO}{SiO_2 + R_2O_3}$	1·92	1·93	1·93	1·90	1·87	1·85

Digitized by Google

Portlandzement Nr. 329 (Drehofen).

Komponenten auf gebrannten Zustand umgerechnet	Ursprüngliches Material	Rückstand am 4900 M.-Sieb	Windsichtung: 1. Fraktion	2. Fraktion	3. Fraktion	4. Fraktion
SiO_2	19·91	19·80	20·19	19·71	19·11	18·56
Al_2O_3	6·17	6·51	5·89	5·95	6·36	6·43
Fe_2O_3	3·15	3·67	3·11	2·87	3·18	2·82
CaO	62·58	63·04	63·58	61·29	60·23	57·93
$CaSO_4$	3·84	2·63	2·63	5·07	6·65	9·07
MgO	3·38	3·47	3·35	3·23	3·42	3·33
Alkalien (Diff.)	0·97	0·98	1·25	1·88	1·05	1·86
Glühverlust	1·33	0·82	1·16	2·64	3·59	4·87
Spezifisches Gewicht	3·18	3·20	3·19	3·13	3·11	3·06
$\frac{CaO}{SiO_2 + R_2O_3}$	2·14	2·11	2·18	2·15	2·10	2·08

2. Die Abbindeverhältnisse.

	Ursprüngliches Material	Rückstand am 4900 M.-Sieb	Windsichtung: 1. Fraktion	2. Fraktion	3. Fraktion	4. Fraktion
Zement Nr. 324:						
Wassermenge des Breies	28%	28·5	38	46½	49	55
Erhärtungsbeginn	1h 10 min.	8 St.	6½ St.	35 min.	10 min.	7 min.
Bindezeit	12 h	48 St.	22 St.	10 St.	3 St.	2½ St.
Zement Nr. 329:						
Wassermenge des Breies	24¾%	37½	25½	46½	53¾	54½
Erhärtungsbeginn	4h 45 min.	9 St.	7½ St.	3 St.	1 St.	45 min.
Bindezeit	16h 30	32 St.	24 St.	20 St.	20 St.	15 St.

Digitized by Google

3. Die Festigkeitsverhältnisse des Mörtels 1:3 mit schweizerischem Normalsand, plastische Konsistenz, Anmachwassermenge 11%.

Sorte:	Zement Nr. 324				Zement Nr. 329			
	Zugfestigkeit		Druckfestigkeit		Zugfestigkeit		Druckfestigkeit	
	kg/cm²	relativ	kg/cm²	relativ	kg/cm²	relativ	kg/cm²	relativ
	7 Tagproben:							
Ursprüngliches Material	27·4	100	188	100	30·6	100	283	100
Rückstand am 4900 M.-Sieb	7·4	28	34	18	8.8	29	24·3	8·6
1. Fraktion beim Windsichten	25·6	97	186	99	25·9	85	169	60
2. „ „ „	28·9	110	249	133	47·4	155	453	160
3. „ „ „	32·0	121	212	113	56·2	184	579	203
4. „ „ „	28·4	108	209	112	50·9	166	524	185
	28 Tagproben:							
Ursprüngliches Material	32·8	100	211	100	42·1	100	378	100
Rückstand am 4900 M.-Sieb	7·0	21	19·7	9·3	10·4	24·7	55·3	14·6
1. Fraktion beim Windsichten	34·1	104	233	111	37·6	89	276	73
2. „ „ „	38·6	118	318	151	70·4	168	524	138
3. „ „ „	42·1	128	314	149	62·9	150	601	158
4. „ „ „	37·1	113	259	123	51·0	121	521	137

Schlußfolgerungen:

1. Mit der Feinheit des Mehles steigen bei der vorgeschlagenen Windsichtmethode der Gehalt an Ca SO_4 und der Glühverlust; nicht nur nach ihrer Größe, sondern auch nach dem spezifischen Gewichte werden die feinsten Teile ausgeschieden. Durch diesen störenden Umstand gestattet das Windsichten nicht mit voller Sicherheit den Einfluß der feinsten Mahlung des Portlandzementes zu untersuchen.

2. Die Abbindeverhältnisse werden mit der Feinheit der Mahlung beschleunigt.

3. Der Rückstand am 4900 Maschensieb zeigt die schlechtesten Festigkeitsverhältnisse; die größten Festigkeiten ergeben die 2. und 3. Fraktion beim Windsichten.

4. Für die Beurteilung eines Portlandzementes hat die Größe des Rückstandes am 4900 Maschensieb eine maßgebende Bedeutung; der Prüfung der Mahlfeinheit durch Windsichtung in 3 oder 4 Fraktionen feineren Mehles ist hingegen als laufende Probe keine größere Bedeutung beizumessen.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XVI1

DIATOMEEN-ERDE ALS PUZZOLAN FÜR ZEMENT.

Von **A. Poulsen,**

Oberingenieur des kgl. Wasserbauwerkes, Lemvig, Dänemark.

(Übersetzt von A. Wagener, Aachen.)

Auf dem in Kopenhagen, im Jahre 1909, abgehaltenen Kongreß, u. zw. sowohl während der Verhandlungen über die Aufgabe B, XI. „Zement in Seewasser", als auch in den vorgelesenen Berichten wurde die Ansicht vertreten, daß der Zusatz von Puzzolan für die Widerstandsfähigkeit des Zements gegen die Einwirkungen des Seewassers von großer Wichtigkeit ist. Auch wurden gelegentlich anderer Verhandlungen, welche die Wirkungen von Wind und Wetter, Regenwasser oder anderer Frischwässer zum Gegenstande hatten, Angaben über die vorzügliche Wirkung des Puzzolans gemacht. Diese Ansicht wurde von Fachleuten wie Candlot, Czarnomsky, Feret, Gary, Le Chatelier, Maynard, van der Kloes und anderen zum Ausdrucke gebracht.

Neben dem eigentlichen italienischen Puzzolan und einigen ähnlichen vulkanischen Silikaten (Santorin-Erde und Traß), welche schon in früheren Zeiten mit Kalk und in neuerer Zeit mit Portlandzement Verwendung finden, wurde nach Vicat pulverisierter Klinker mit gutem Erfolg als Puzzolan für Zement verwendet. In den meisten Ländern kommt jedoch eine kieselige Ablagerung von nicht vulkanischer Herkunft vor, welche sich viel besser als Puzzolan bewährt. Diese Substanz, deren Gebrauch als Ersatz für Puzzolan im Zement, wie ich glaube, noch niemand vor mir versucht hat, ist die Diatomeen-Erde.

Digitized by Google

Diatomeen-Erde (Infusorienerde, terra Tripolitana, Kieselgur, Bergmehl, Moler usw.), ist eine Ablagerung der mikroskopisch kleinen, kieseligen Panzer mehrerer Arten von Diatomeen. Sie wird in der Tertiär- und Quarternärformation sowohl im reinen Wasser als auch im Salzwasser abgelagert vorgefunden, und auch gegenwärtig setzen sich noch große Massen Diatomeen-Körper im Wasser und an feuchten Orten ab. Diatomeen-Erde ist weiß, grau oder gelb gefärbt — die letztgenannte Farbe rührt von einem geringen Prozentsatz Eisen her — und besteht fast ausschließlich aus Kieselsäure, welche sich noch in einem lebhaft-reaktionsfähigen Zustande befindet; sie wird von den Alkalien aufgelöst und verbindet sich leicht mit jenem Teil des im Portlandzement enthaltenen Kalkes, der sich bei Zusatz von Wasser von den kalkhaltigeren, kieseligen Verbindungen, den Hauptbestandteilen des Zementklinkers, ausscheidet.

Gewisse Arten Diatomeen-Erde enthalten beträchtliche Mengen organischer Substanzen (bis zu 30%), die von ihrer organischen Abstammung herrühren, und die, bevor die Diatomeen-Erde als Puzzolan benützt werden kann, durch Glühen entfernt werden müssen. In der Regel enthält die Diatomeen-Erde keine dem Mörtel schädlichen Substanzen, aber, da sie sehr porös ist, muß sie vor Gebrauch getrocknet werden. Nach dem Trocknen ist sie so leicht, daß sie pro Kubikmeter nur 500 Kilogramm oder weniger wiegt. In diesem Zustande schwimmen die Stücke auf dem Wasser, sie sinken aber bald zu Boden. Sogar mit 25% Wassergehalt erscheint die Diatomeen-Erde trocken, aber sie läßt sich erst im wirklich trockenen Zustande fein mahlen. Die leichteren Arten Diatomeen-Erde jedoch lassen sich zwischen den Fingern zu einem staubfeinen Pulver zerdrücken; es gibt jedoch Ablagerungen, in Oregon zum Beispiel, welche durch darauflagernde Schichten (Basalt) fast bis zur Porzellan-Festigkeit verdichtet wurden.

Meine Versuche über die Verwendung von Diatomeen-Erde als Puzzolan zur Zementherstellung haben, seit ich erkannt hatte, daß die Diatomeen-Erde vollständig getrocknet und mit dem Zementklinker (in durch die chemische Analyse festgelegten Verhältnissen) gemischt und gleichzeitig mit ihm fein gemahlen[1]) werden muß, ausgezeichnete Resultate ergeben. Auf diese Art erhält man ein vollkommen gleichmäßiges (homogenes) Produkt, welches unter

Digitized by Google

Wasser erhärtet (abbindet), ohne freien Kalk mit seinen nachteiligen Folgen auszuscheiden.

Der überschüssige Kalk (CaO), welcher schätzungsweise 30% des Portlandzementgewichtes ausmacht, bewirkt bekanntlich schädliche Ausschwitzungen aus der Masse, durch welche Regen- und anderes Wasser einsickern. Diese machen, in Wasserkanälen und Wasserbehältern, das Wasser kalkig und den Beton rinnend. Im Seewasser wirkt der Kalk direkt verderblich auf den Beton dadurch, daß er Schwefelsäure aufnimmt und mit der Tonerde (Al_2O_3) des Zements ein Doppelsalz bildet. Dieses Doppelsalz (Al_2O_3, 3CaO, 3 (SO_3, CaO), Kalzium-Sulpho-Aluminat kristallisiert mit einer sehr großen Menge Wasser ($30H_2O$) und zerlegt den Mörtel in die kleinsten Teile, wie bei vielen Zementbauten in Seewasser festgestellt wurde, welche nach 20, 10 oder einer geringeren Zahl Jahren so „verwest" vorgefunden wurden, daß der Mörtel zwischen den Fingern zerdrückt werden konnte.

Um diese Nachteile zu beseitigen, wurde bisher vulkanischer Puzzolan verwendet. Da aber diese Substanz neben der Kieselsäure mit ihren vorteilhaften Eigenschaften öfters größere Mengen unnützen Sandes und anderer überflüssiger Stoffe enthält, wird es mit den meisten Arten vulkanischen Puzzolans unmöglich, die zum Neutralisieren des im Portlandzement vorhandenen überschüssigen Kalkes nötige Menge Kieselsäure beizumischen, ohne den Mörtel mit „toten" oder unwirksamen Stoffen zu überlasten, welche die mechanische Festigkeit des Mörtels gegen Zug oder Druck vermindern. Es wird daher sehr oft so verfahren, daß nur ein Teil der chemisch nötigen Puzzolanmenge oder gar kein Puzzolan zugesetzt wird, so daß man einen Teil oder die ganze Quantität des freien Kalkes und seiner Wirkungen behält.

Dies ist nicht nötig, wenn Diatomeen-Erde als Puzzolan verwendet wird. Ihr großer Überschuß an wirksamer Kieselsäure gestattet, gerade soviel davon beizumischen, als chemisch erforderlich ist, ohne dadurch den Mörtel mit nutzlosen Stoffen zu überlasten; und weil die Kieselsäure des Puzzolans mit dem Kalk des Portlandzements eine gut bindende Verbindung (SiO_2, CaO) ergibt, hat der Diatomeen-Erde-Zement eine höhere mechanische Festigkeit als der eigentliche Zement, und eine höhere als die Traßzement-Mischung. Dies zeigen die Versuche, welche ich in den Jahren

Digitized by Google

1910 und 1911 in der dänischen staatlichen Versuchsanstalt durchgeführt habe.

Die Ergebnisse sind aus den nachfolgenden Figuren ersichtlich, von denen Fig. 1 und 2 einen Überblick über die chemischen Beziehungen, Fig. 3 und 4 einen solchen über die mechanischen Beziehungen (Druckfestigkeit) bieten. Als Grundlage für die chemischen Beziehungen benutzte ich eine Durchschnittsanalyse aus 33 (in „Der Portland-Zement", 1905, Seite 13 angeführten) Analysen von Portland-Zement, eine offiziell-deutsche Analyse von Rhein-Traß (aus „Mitteilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin", Ergänzungsheft 1, 1900, Seite 30) und eine, während meiner Versuche in der staatlichen Versuchsanstalt in Kopenhagen gemachte Analyse von dänischer Diatomeen-Erde (Moler). Ferner wurden in der genannten Versuchsanstalt die von Alkalien lösbaren Mengen Kieselsäure und Tonerde des Trasses und der Diatomeen-Erde bestimmt, also diejenigen Mengen, welche mit den im Mörtel des Zements freiwerdenden 30% CaO als bindefähig betrachtet werden können. Die Traßproben waren, nach Angabe der Kölner Verkäufer, vom gleichen Material, wie das zur vorerwähnten Analyse benützte.

Es wurden folgende Resultate gefunden:

	Rhein-Traß	Diatom-Erde
Lösliche Kieselsäure (SiO_2)	22·6%	51·6%
Lösliche Tonerde (Al_2O_3)	8·0%	8·5%
Total	30·6%	60·1%

Der Puzzolanwert der Diatomeen-Erde ist demnach doppelt so groß wie derjenige des Trasses. Die übrigbleibenden 69·4% respektive 39·9% können als „tote Substanz" (feiner Sand) betrachtet werden. Der Traß enthält in Gestalt solchen „Sandes" ungefähr 34% SiO_2, 10% Al_2O_3, 5% Eisenoxyd, 2% CaO, 1% MgO, 5% Pottasche, 5% Soda, etwas Titansäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure und 6—7% Konstitutionswasser, während der Sand der Diatomeen-Erde aus annähernd 17% SiO_2, 1% Al_2O_3, 7% Eisenoxyd, 1% CaO, 1% MgO, 1% Soda, 2% SO_3 und 8—9% Konstitutionswasser besteht.

In Fig. 1 sind auf der linken Seite des Quadrates die Hauptbestandteile von 100 kg Portlandzement und auf der rechten Seite die Hauptbestandteile von 100 kg Traß graphisch dargestellt;

Digitized by Google

ferner sind die Diagonale und die zwei von ihren Endpunkten ausgehenden, nach der Zementseite, respektive Traßseite laufenden Strahlenkegel, eingezeichnet. Auf solche Weise wird jede Vertikale durch die eingezeichnete Diagonale in Teile zerlegt, welche (über der Diagonale) einer bestimmten Gewichtsmenge Zement und

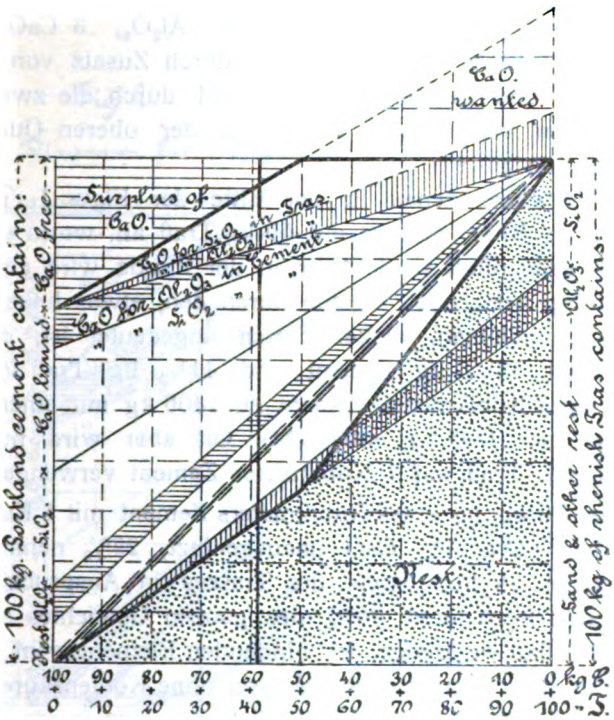


Fig. 1.
Diagramm für 100 kg der Traß-Zement-Mischung.

100 kg Portland cement contains:	= 100 kg Portlandzement enthält:
Rest bound free	= Rest gebunden frei
Sand & other rest	= Sand und anderer Rest
100 kg of rhenish Tras contains:	= 100 kg rheinischer Traß enthält:
Surplus of Ca O	= überschüssige Menge von Ca O
wanted Ca O	= erforderliche Menge Ca O

(unter der Diagonale) einer bestimmten Gewichtsmenge Traß in je 100 kg entsprechen, und aus denen die Gewichte der Hauptbestandteile, die in den hier in Frage kommenden Zement- respektive Traßmengen enthalten sind, ersehen werden können. Die Ordinaten geben in ihrem obersten Teil dasjenige Kalkgewicht (CaO) an,

Digitized by Google

das beim Anmachen des Mörtels mit Wasser frei wird, und zu dessen Sättigung die Kieselsäure (SiO_2) oder Tonerde (Al_2O_3) des Trasses erforderlich ist. Unter Berücksichtigung der chemischen Äquivalentzahlen wird angenommen, daß 14 kg CaO durch 15 kg SiO_2 (nach der Formel SiO_2, CaO) und $16^1/_2$ kg CaO durch 15 kg Al_2O_3 (nach Al_2O_3 . 2 CaO) gesättigt werden, obwohl die Tonerde bis zu 25 kg CaO (nach der Formel Al_2O_3, 3 CaO) binden konnte. Der Kalk, welcher demgemäß durch Zusatz von Traß zu neutralisieren und zu benützen ist, wird durch die zwei oberen schiefen Linien, welche nach rechts aus der oberen Quadratseite hervorragen, dargestellt.

Die Vertikale, genau in der Mitte der Figur 1, gibt eine Mischung von 50 kg Zement mit 50 kg Traß an, worin sämtlicher freier Kalk ausgenützt wird. Aber in der Praxis wird gewöhnlich eine Mischung verwendet, welche durch den, etwas links von der Mittellinie befindlichen, dicken Strich angedeutet ist, d. i. eine Mischung mit $58^1/_2$ kg Zement und $41^1/_2$ kg Traß (was der Mischung eines Kubikmeters Zement zu 1400 kg mit einem Kubikmeter Traß zu 1000 kg entspricht). Oft aber wird nur $^1/_2$ bis $^3/_4$ Kubikmeter Traß auf 1 Kubikmeter Zement verwendet.

In der Mischung eines Kubikmeters Zement mit 1 Kubikmeter Traß bleiben etwa 5% CaO unausgenützt, 29% nehmen Sand oder ähnliche „todte" Stoffe des Trasses in Anspruch, so daß der bindende Bestandteil 66% des ganzen Gewichtes ausmacht. Man ersieht, daß die Menge des bindenden Elementes im Portlandzement, die 70% beträgt (unter Wasser ohne Kohlensäure bindend angenommen), abnimmt, sobald Traß beigemengt wird. Bei mehr als 50% Traß (von den mittleren Vertikalen nach rechts) nimmt der bindende Teil noch schneller ab, bis er, bei 100 kg Traß (ohne Zement) gleich Null wird, wenn nicht die durch die obere, über dem Quadrate aufgezeichnete schiefe Linie angegebene Menge freien Kalkes zugesetzt wird oder wenn man nicht mit dem für See-Bauten nicht zulässigen „Mischmörtel" (Bastardmörtel) arbeiten will. Wenn kein Kalk zugesetzt wird, bleibt ein Teil des wirksamen Stoffes im Traß unbenützt. Dies wird durch die, in der oberen rechten Ecke, unter der Diagonale eingetragene dicke Linie veranschaulicht.

Es mag dahingestellt bleiben, ob die in Fig. 1 dargestellten Reaktionen von Traßmörtel auch in der Praxis stattfinden oder

Digitized by Google

nicht; aber die Figur hat ihre Bedeutung als Nebenstück zu Fig. 2, in welcher Traß durch Diatomeen-Erde ersetzt ist.

Fig. 2 zeigt, daß wegen der relativ größeren Menge Kieselsäure in der Diatomeen-Erde schon ein Gemisch von ungefähr 65 kg

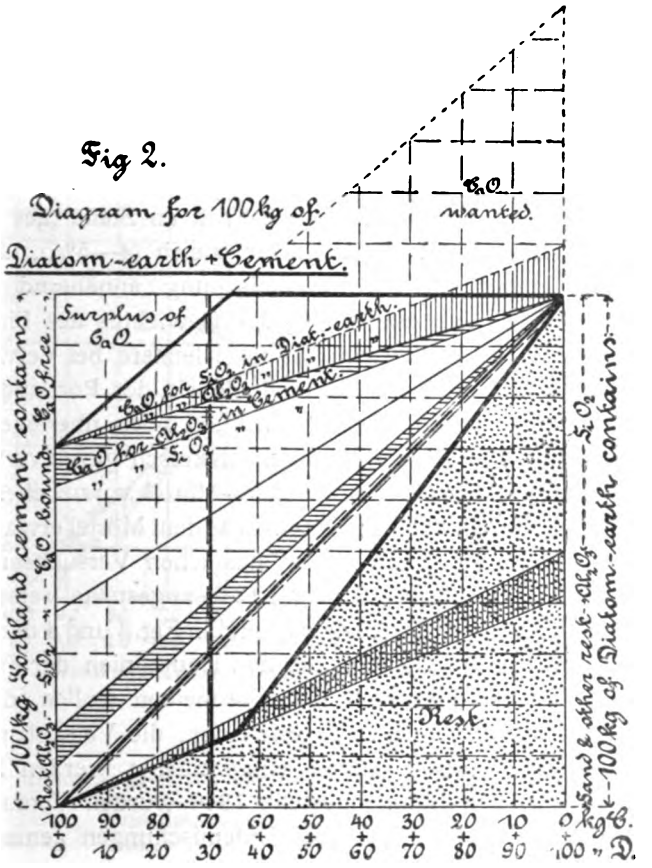


Fig. 2.

Diagramm für 100 kg von Diatomeenerde-Zement-Mischung.

100 kg Portland cement contains:	= 100 kg Portlandzement enthält:
Rest bound free	= Rest gebunden frei
Sand & other rest	= Sand und anderer Rest
100 kg of Diatom-earth contains	= 100 kg Diatomeenerde enthält:
Surplus of CaO	= überschüssige Menge von CaO
wanted CaO	= erforderliche Menge CaO

Portlandzement mit 35 kg Diatomeen-Erde die vollständige Neutralisierung herbeiführt. Für den praktischen Gebrauch habe ich deshalb, nach Vorbild der Traßpraxis, die durch die etwas nach links

Digitized by Google

gezeichnete Linie dargestellte Mischung von 70 kg Zement plus 30 kg Diatomeen-Erde bestimmt. Die Mischung enthält annähernd 4% überschüssigen Kalkes und gegen 12% Sand oder ähnliche „tote" Substanzen; das bindende Element beträgt 84%. Im Gegensatz zum Traß läßt sich ersehen, daß die Menge (70%) des bindenden Elementes im Portlandzement zunimmt, sobald Diatomeen-Erde zugesetzt wird und daß schon bei 35% oder mehr Diatomeen-Erde Kalk („Mischkalk", „Bastardmörtel") zugesetzt werden kann.

Wenn wir die vorerwähnten dicken Vertikallinien in Fig. 1 und 2 vergleichen, haben wir eine Erklärung der Vorteile, welche sich bei Anwendung von Diatomeen-Erde an Stelle des Trasses ergeben. Der freie Kalk ist ungefähr gleich (4—5%), aber der „tote" Sand macht in der Traßmischung annähernd $^3/_7$, in der Diatomeen-Erde dagegen nur $^1/_7$ des Gewichtes des bindenden Elementes aus — und außerdem hat diese letztere bei Verwendung unter Wasser mehr bindende Bestandteile als der Portlandzement, der doch der entsprechenden Traßmischung noch überlegen ist.

Obwohl die Puzzolanmischungen chemisch gleichwertig sind, ist der mechanisch festere Diatomeenerd-Mörtel vorzuziehen.

Die infolge Zusatz von Diatomeen-Erde dem Mörtel erwachsende Festigkeitszunahme ist durch in der staatlichen Versuchsanstalt in Kopenhagen in den Jahren 1910 und 1911 angestellte Versuche erwiesen. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Fig. 3 und 4 dargestellt.

Fig. 3 besteht im Grunde aus den Hauptlinien der Figuren 1 und 2, so daß, wenn man nicht hätte vermeiden wollen, die Figur mit Linien oder Druckschriften zu überladen, die Versuchsresultate in die Figuren 1 und 2 hätten eingezeichnet werden können. Sie sind in Fig. 3 zusammengestellt. 1910 wurden Versuche mit 4 Traßmischungen und 4 Diatomeen-Erdemischungen gemacht und für jede Mischung wurden Druckproben angestellt, ie eine nach drei Tagen, nach einem Monat, nach sechs Monaten, nach einem Jahre und nach sechsstündigem Kochen unter hohem Druck (Erdmenger'sche Probe). Sämtliche Versuche wurden mit Mörtel angestellt, dessen Sandgehalt zwei- oder dreimal dem Gewicht der Zementmischung entsprach. Dementsprechende Mörtelproben wurden ohne Puzzolan gemacht und sind die Ergebnisse der Proben ohne Puzzolan unter dem vollen Werte von 100% eingetragen, während diejenigen der diesen puzzolanlosen Proben entsprechenden eigentlichen Puzzolanproben in Prozenten dieser Größe angegeben

Digitized by Google

sind. Fig. 3 gibt somit nicht die absolute Druckfestigkeit pro Quadratzentimeter, sondern die Zu- oder Abnahme der Druck-

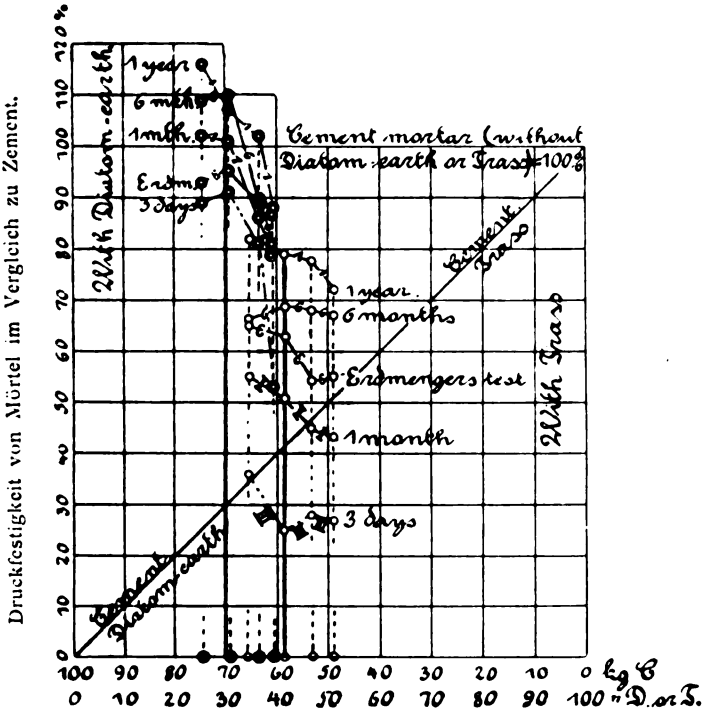


Fig. 3.

Druckfestigkeit von Mörtel mit und ohne Puzzolan 1910.

With Diatom-earth	= Mit Diatomeenerde
1 year	= 1 Jahr
6 months	= 6 Monate
1 month	= 1 Monat
Erdmengers test	= Erdmenger-Probe
3 days	= 3 Tage
With Tras	= Mit Traß
Diatom-earth	= Diatomeenerde
Tras	= Traß

festigkeit in Prozenten an, wenn 100 kg Portlandzement durch 100 kg Puzzolanmischung ersetzt werden.

Die dicken vertikalen Linien, welche den vorerwähnten, chemisch bestimmten Portlandzementmischungen aus feingemahlenem

Digitized by Google

Traß oder aus Diatomeen-Erde entsprechen, zeigen, daß diese Mischungen ebenfalls ein Festigkeitsergebnis bieten, welches durch Verschieben der Linien nach rechts (durch Erhöhen des Puzzolan-Prozentsatzes) nicht verbessert werden kann. Man kann weiter ersehen, daß die Traßkurven, namentlich nach einer kurzen Binde-

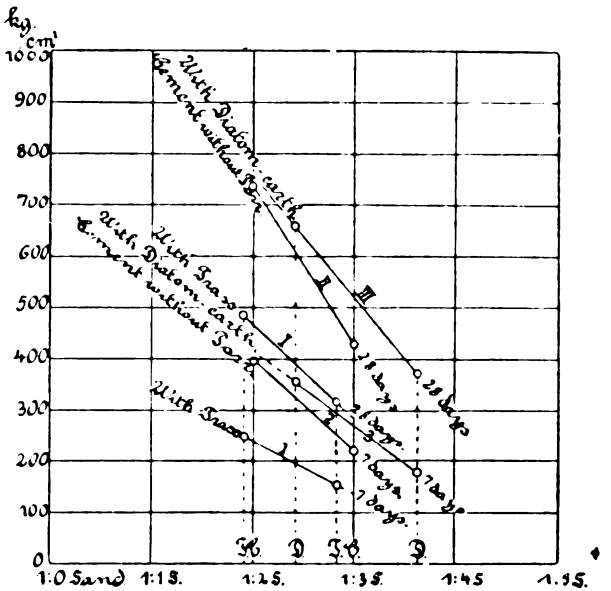


Fig. 4.

Druckfestigkeit von Mörtel mit und ohne Puzzolan 1911.

With Diatom-earth	= Mit Diatomeenerde
Cement without Puzzolana	= Zement ohne Puzzolan
With Tras	= Mit Traß
With Diatom-earth	= Mit Diatomeenerde
Cement without Puzzolana	= Cement ohne Puzzolan
7 days	= 7 Tage
28 days	= 28 Tage

dauer, beträchtlich unter denen des Zements (ohne Traß) liegen, so daß die Festigkeit nach einem Jahre nur bis auf 80% derjenigen des Zements steigt, während die Festigkeit der Diatomeen-Erde-Mischung nach dreitägiger Bindedauer bis zu 90% derjenigen des Zements anstieg und nach einem Jahre noch so zugenommen hat, daß sie 110% der des Zements erreichte.

Digitized by Google

Fig. 4 zeigt die Ergebnisse der 1911 in der staatlichen Versuchsanstalt in Kopenhagen gemachten Druckversuche und gibt direkt die Festigkeit pro cm^2 des mit dem zwei- und dreifachen Sandgewicht hergestellten Portlandzements und von Mischungen dieses Portlandzements mit Traß, respektive Diatomeen-Erde an. Der Traß kam mit einer etwas „fetteren", die Diatomeen-Erde mit einer etwas „magereren" Mischung in Anwendung, mit Rücksicht auf die respektive abschwächende und verstärkende Wirkung der beiden Puzzolanen. Die nach siebentägiger und einmonatlicher Bindedauer angestellten Druckversuche zeigen, in guter Übereinstimmung mit den Versuchen von 1910 (Fig. 3), daß die Traßmörtelmischungen nur annähernd 60% der Festigkeit des untersuchten Portlandzementmörtels haben, daß aber die Diatomeen-Erde-Mischung gegen 120% dieser Festigkeit, also annähernd die doppelte Festigkeit der Traßmischung besitzt. Diatomeen-Erde und Traß wurden bei diesen Versuchen nur in der, durch die dicken vertikalen Linien in Fig. 1, 2 und 3 dargestellten Mischung verwendet: es wurden 1 Kubikmeter Zement mit 1 Kubikmeter feingemahlener Traß (Verhältnis: 7 kg Zement zu 5 kg Traß) und 7 kg Zement mit 3 kg Diatomeen Erde zusammen in fabriksmäßiger Weise gemahlen.

Die 1910 und 1911 untersuchten Proben wurden aus Portlandzementen und Mischungen entnommen, die beim Reparieren der staatlichen Buhnen an der Westküste von Jütland (bei Thyborön) zum Gießen von Betonblöcken verwendet worden sind. Es wurden hierzu über 400 Tonnen Diatomeen-Erde-Mischungen (Moler Zement) geliefert, welche auf der Aalborg Portlandzement-Fabrik gemäß meinen Anordnungen hergestellt wurden; und um Vergleiche anzustellen, wurden einige Blöcke Traßmischung und einige ohne Puzzolan gegossen. Bei der Herstellung dieser Blöcke wurden auf jeden Kubikmeter Sand entweder 600 kg Portlandzement oder 640 kg Traßmischung oder 500 kg Diatomeen-Erde-Mischung angewendet. Da die Fähigkeit der Diatomeen-Erde, die Festigkeit zu erhöhen, benutzt wurde, konnte der Verbrauch vermindert, die Festigkeit annähernd konstant gehalten werden. Ähnlich kann ohne Gefahr bei den meisten See-Bauten verfahren werden — was sich unter anderem aus der Tatsache ergibt, daß in so vielen Fällen Traßmischung ohne Berücksichtigung der daraus erwachsenen Festigkeitsverminderung verwendet wurde. Bei Verwendung von

Digitized by Google

Diatomeen-Mischung soll man Sorge tragen, sie in Gewichtsmengen dem Mörtel zuzusetzen, um so vorzubeugen, daß durch ihr geringes Gewicht pro Kubikmeter (das nur annähernd 1000 kg beträgt) falsche Mischungen entstehen. Ebenso soll aber mit Portlandzement sowie auch mit Traßmischungen verfahren werden.

Es wäre sehr wünschenswert, daß die Diatomeen-Erde-Mischung speziell beim Eisenbeton für Seewasser in Verwendung käme und das um so mehr, da in Anbetracht der Eigenschaft des Trasses, die Festigkeit zu vermindern, Beton mit ansehnlichen Mengen von Traß zu diesem Zwecke keine Anwendung finden konnte. 1911 wurden Versuche in diesem Sinne gemacht, wurden aber, da ein angemessen trockener Mörtel nicht zwischen die unvermeidlich engen Maschen der Eisenarmierung eingestampft werden konnte, nicht weiter verfolgt. Andererseits wurde das neue Produkt mit Erfolg auf die gewöhnliche Weise beim Gießen von Eisenbetonrohren, sowie für Rohre ohne Eisenarmierung verwendet.

Die Anwendung dieser Puzzolan-Mischung bereitet im allgemeinen keine Schwierigkeiten. Sie soll aber nie als flüssiger Mörtel angewendet werden, da sie, infolge der Porosität der Diatomeenpanzer schon in scheinbar trockenem Zustande die zu einem normalen Beton erforderte Wassermenge enthält. Sie muß daher unbedingt so trocken gehalten werden, daß sie gestampft werden kann. Sie ist dann genügend bildsam zum Arbeiten, ungefähr wie Mörtel aus fettem Kalk. Sie läßt sich lagern geradeso wie normaler Portlandzement und entspricht allen an diesen Zement gestellten Anforderungen auf Festigkeit, Abbinden (unter beständigem Anfeuchten während einiger Wochen natürlich oder ganz unter Wasser), Volumbeständigkeit und anderen Versuchen wie die Erdmenger'sche oder die Le Chatelier'sche Kochprobe. Die Feret'schen Schnellproben auf Widerstandsfähigkeit gegen Seewasser haben schon jetzt (Juni 1912) ergeben, daß die während acht Monate einer Magnesiumsulfatlösung ausgesetzten Würfel aus Diatomeen-Erde-Mischung vollkommen unbeschädigt waren, während die entsprechenden Portlandzementwürfel nach 10—13 Wochen und die Traßmischungen nach 3—8 Monaten beschädigte Kanten zeigten.

[1]) Ich habe auf diese Methode der Neutralisierung der überschüssigen kalkigen Bestandteile im Portlandzement in den bedeutendsten Zement erzeugenden Ländern Patente angemeldet und teilweise schon erhalten.

[2]) Zwei andere Traß-Arten ergaben respektive 30% und 17%.

Digitized by Google

Folgerung.

In Beton für Wasserbehälter, Wasserkanäle, Ufer- und Hafenbauten (Wellenbrecher usw.), welche hauptsächlich dem Seewasser standzuhalten haben, muß der freie Kalk (30% CaO) des Portlandzements durch kieseligen Puzzolan neutralisiert werden; aber diese Substanz vermindert im allgemeinen die mechanische Festigkeit des Mörtels

Im vorhergehenden wurde erwiesen, daß Diatomeen-Erde nicht nur ein chemisch ausgezeichneter Puzzolan ist, sondern daß sie auch, wenn sie nach der durch die Versuche festgelegten betriebsmäßigen Methode gemischt wird, die Festigkeit des Portlandzements erhöht.

Die Fig. 1 und 2 dieser Arbeit zeigen die chemischen, die Figuren 3 und 4 die mechanischen Ergebnisse, welche der Diatomeen-Erde vor anderen Arten Puzzolan den Vorzug erteilen.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

□□ VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912 □□

XVII1

UNTERSUCHUNG DES ZUSTANDES DER IM BALTISCHEN MEERE IM HAFEN VON LIBAU VERSENKTEN VERSUCHS- UND BAUBLÖCKE.

Von **W. Czarnomski**, Wegebau- und Verkehrsingenieur, St. Petersburg.

(Übersetzt aus dem Französischen von A. Wagener, Aachen.)

Im Auftrage der Verwaltung der Handelshäfen und der Handelsflotte unternahm Ingenieur Czarnomski am 22. Juni, 3., 9. und 11. Juli 1905 in Gegenwart der Vertreter der Libauer Hafen- und Festungsbautenkontrolle, der Baudirektion des Militärhafens Kaiser Alexander III. und des Direktors des Handelshafens von Libau Sprengversuche (mittels Pulverladungen) an 7 Versuchsblöcken aus Mauerwerk, welche 1897—1898 unter Wasser gesetzt worden waren, sowie an 8 Baublöcken (4 aus Mauerwerk und 4 aus Beton), welche 1891—1892 versenkt worden waren, um sie auf ihren Zustand zu untersuchen und um von diesen Blöcken Mörtelproben für die chemische Analyse zu entnehmen.

1. Sprengung am 22. Juni von 3 Mauerwerk-Versuchsblöcken, Nr. 1, 2 und 3 der Gruppe V, mit folgenden Abmessungen: $1{\cdot}20 \times 0{\cdot}80 \times 0{\cdot}80$ Saschehn*) ($2{\cdot}56 \times 1{\cdot}70 \times 1{\cdot}70$ m). Diese drei Versuchsblöcke aus Mauerwerk (siehe Plan des Hafens, Gruppe V) wurden anfangs September 1898 aus Granitsteinen und Zementmörtel mit Sand hergestellt. Für jeden der drei Blöcke wurde eine andere Zementsorte verwendet, nämlich: Braunschweiger Schlackenzement (Puzzolanzement), quarz- (oder feuerstein-) haltiger Port-Kundazement Nr. 1 (dieser Zement besteht aus einer Mischung von 1 Gewichts-

*) 1 Saschehn = 2·1336 m.

Digitized by Google

teil Portlandzement und 1 Gewichtsteil fein gemahlenem Quarz) und Portlandzement Schmidt aus Riga.

Diese Zemente haben den vom Wegebau- und Verkehrsministerium vorgeschriebenen mechanischen Normal-Festigkeitsproben, sowie denjenigen auf Volumbeständigkeit genügt. Die Analyse dieser Zemente ist gleichfalls bekannt. Der für die drei Blöcke verwendete Mörtel bestand aus $2^1/_2$ Volumenteilen Sand auf 1 Teil Zement. Der Prozentsatz des Mörtels auf eine Kubik-Saschehne (9·66 m^3) Bausteine betrug zirka 30 Volumsprozente. Die Granitbausteine hatten Dimensionen von $^1/_2$—1 Kubikfuß (0·014—0·028 m^3). Der Meersand entstammte dem Versuchsorte selbst und bestand nach äußerer Untersuchung (mit dem Vergrößerungsglas) aus einer Mischung von Quarz und Muscheln. Es wurden Sandproben für die chemische Analyse entnommen.

Diese, gegen den 30. Oktober 1898 am Abhange der südlichen Hafendammspitze auf 20 Fuß (6·1 m) Tiefe versenkten Blöcke wurden am 21. Juni 1905 aus dem Wasser gehoben und auf den Hafenplatz am Reede-Kai befördert. Der äußeren Untersuchung nach waren die Blöcke ganz und gut erhalten. Die mit Seegras und Muscheln bedeckten Flächen gaben mit Phenolphtalein keine Reaktion (siehe die Photographien dieser Blöcke).

Zur Sprengung eines jeden Blockes wurde eine verkorkte Flasche mit einer $1^3/_4$pfündigen Pulverfüllung in eines der beiden zum Anbringen der Aufhebehaken angebrachten Löcher gegeben. Das Loch wurde mit Sand ausgefüllt und oben und unten mittels Holzpflöcken verschlossen. Die Explosion wurde durch die Bickford-Zündschnur übertragen. Nach der Sprengung reagierten sämtliche inneren Flächen der durch den Bruch entstandenen Blöcke auf Phenolphtalein, was auf Ausscheidung von Kalziumhydrat hindeutete. An verschiedenen Stellen, und hauptsächlich an den Berührungsstellen des Mörtels mit den Steinen, wurde ein weißer Beschlag beobachtet. Es wurden für die chemische Analyse Proben vom inneren und äußeren Mörtel der Blöcke in Flaschen mitgenommen.

2. Sprengung am 3. Juli 1905 von drei Versuchsblöcken aus Mauerwerk: Nr. 4, 6 und 7 der Gruppe III (siehe Plan des Hafens), wovon jeder folgende Dimensionen hatte: 1·20×0·80×0·80 Saschehn (2·56 × 1·70 × 1·70 m). Diese, ebenfalls anfangs September 1898 hergestellten und im Oktober desselben Jahres versenkten Blöcke waren, wie diejenigen der Gruppe V, aus drei verschiedenen Zement-

Digitized by Google

sorten (Schlackenzement, Quarz- und Portlandzement) verfertigt und bis auf halbe Höhe auf der äußeren Berme des südlichen Hafendammes am Fuße des Mauerwerk-Oberbaues dieses Dammes versenkt worden. Alle drei Blöcke wurden am Versenkungsorte gesprengt; um die Explosion zu begünstigen und um kleinere Sprengstücke (als vorher) zu erhalten, wendete man für jeden Block zwei Pulverfüllungen (von je $1^1/_2$ Pfund) an, welche in die zwei zum Anbringen der Aufhebehaken angebrachten Löcher eingeführt wurden, die dann mit Sand ausgefüllt und mit Holzpflöcken verschlossen wurden. Bei äußerer Untersuchung am Versenkungsorte selbst wurden die Blöcke in gutem Erhaltungszustand vorgefunden, mit von Seegras bedeckten Flächen, welche auf Phenolphtalein nicht reagierten. Nach der Explosion reagierten sämtliche inneren Flächen der durch den Bruch freigelegten Blöcke auf Phenolphtalein und dies hauptsächlich an den Berührungsstellen der Steine mit dem Mörtel. An den Portlandzementblöcken wurde die größte Menge weißer Ausblühungen festgestellt. Es wurden für die chemische Analyse Proben vom inneren und äußeren Mörtel der Blöcke entnommen.

Gleichzeitig wurden die weißen Ausscheidungen, die sich auf der äußern Seite des Reserve-Blocks Nr. 5 vorfanden — der sich auf der Plattform des Mauerwerk-Oberbaues des Hafendammes der Gruppe I befand — gesammelt und davon eine Probe genommen.

3. Sprengung am 9. Juli 1905 von vier Baublöcken, wovon zwei, die Nummern 8 und 10, aus Beton und zwei, die Nummern 11 und 12, aus Mauerwerk bestanden (siehe die Photographien dieser Blöcke).

Die 1891—1892 aus Beton hergestellten Blöcke, welche am innern Abhang des südlichen Wellenbrechers, nahe der Südspitze des Wellenbrechers — wo die Wassertiefe über der oberen Blockfläche nicht weniger als $4^1/_2$ Fuß (1·37 m) betrug — versenkt worden waren, wurden am 8. Juli 1905 aus dem Wasser gezogen. Diese Blöcke waren 6 Fuß (1·83 m) hoch, 6 Fuß (1·83 m) breit und 10 Fuß (3·05 m) lang. Zur Herstellung einer Kubik-Saschehne (9·66 m^3) des Blockes verbrauchte man 1·05 Kubik-Saschehn (10·14 m^3) Beton. Eine Kubik-Saschehne (9·66 m^3) Beton benötigte 0·40 Kubik-Saschehn (3·86 m^3) Mörtel, 0·75 Kubik-Saschehn (7·25 m^3) Steinschlag und 0·25 Kubik-Saschehn (2·42 m^3) Kies. Der Mörtel war aus Portlandzement und Sand, im Verhältnis von $1 : 2^1/_2$ zusammengesetzt. Der

Digitized by Google

verwendete Portlandzement entstammte zum größten Teile russischen und auch fremden Fabriken, es wurde aber dann am Platze keine Analyse gemacht. Die Füllsteine, Steinschlag, waren 10—14kubikzöllige (164—230 cm^3) Granitstücke, der Sand entstammte dem Meeresufer am Versuchsorte.

Die 1891—1892 aus Mauerwerk verfertigten Blöcke, welche am inneren Abhang des südlichen Hafendammes, nahe am Kopfe der Gründungen aus Blöcken, wo die Wassertiefe über der oberen Blockfläche nicht weniger als 4—5 Fuß (1·22—1·52 m) betrug, versenkt worden waren, wurden am 8. Juli 1905 aus dem Wasser gehoben. Diese Blöcke waren 1·20 Saschehn hoch, 0·80 breit und 0·80 (2·56 × 1·70 × 1·70 m) lang. Der Mörtel bestand aus 1 Teil Zement auf $2^1/_2$ Teile Sand; der Portlandzement entstammte zum großen Teile russischen und auch fremden Fabriken. Es wurden am Versuchsorte keine chemischen Analysen dieser Zemente gemacht; die Steine bestanden aus Granitstücken von $^1/_2$—$1^1/_2$ Kubikfuß (0·014—0·042 m^3); der Sand stammte vom Meeresufer von Capseden und vom Strand. Es wurden Proben von diesem Sand für die chemische Analyse entnommen. Das Volumsverhältnis des Mörtels zu den verwendeten Bausteinen betrug im Mittel 30%; die Mauerblöcke, sowie die Betonblöcke wurden in gutem Zustande vorgefunden; die mit Seegras und Muscheln bedeckten Blockflächen reagierten nicht auf Phenolphtalein. Zwei gleichzeitig (in die zum Anbringen der Aufhebehaken in den Blöcken hergestellten Löcher) eingebrachte je $1^1/_2$ Pfund starke Füllungen wurden zur Sprengung der Mauerwerksblöcke hinreichend befunden. Dagegen waren zur Sprengung der Betonblöcke zwei Füllungen von je $2^1/_2$ Pfund erforderlich, was die Ansicht bestätigte, daß die Betonblöcke elastischer sind und daß sie aus diesem Grunde den bei ihrem Einbau an Ort und Stelle erzeugten mechanischen Schlägen und Stößen besser widerstehen. Nach der Explosion wurde festgestellt, daß sich von dem Unterseeblock Nr 8 (siehe Photographie dieses Blockes) ein Stück losgetrennt hatte und daß aus dem verdorbenen Mörtel eine Flüssigkeit herausgespritzt war; ebenso wurden an den benachbarten Stellen dieses Blockteiles und hauptsächlich an den Anbindestellen der durch Aufschütten und Stampfen des Betons entstehenden horizontalen Schichten, Nester entdeckt, welche mit einer weißen, vom verdorbenen Mörtel herstammenden Flüssigkeit gefüllt waren. Alle flachen Bruchstellen reagierten vollkommen auf Phenolphtalein. Vom innern

Digitized by Google

Mörtel des Blockes Nr. 8 wurden Proben entnommen. Beim Betonblock Nr. 10 (siehe Photographie dieses Blockes) wurde auf allen Sprengflächen, trotz Reaktion auf Phenolphtalein, die gute Qualität des Betons festgestellt. Weiße Fäden wurden nur in kleinen Mengen und zwar nahe der Oberfläche des Blockes und an den Berührungsstellen mit den Füllsteinen vorgefunden. Es wurde eine Probe vom innern Mörtel des Blockes Nr. 10 entnommen. Beim Unterseeischen Mauerwerksblock Nr. 11 wurden hauptsächlich an den Berührungsstellen mit dem Stein innere Zersetzungsspuren festgestellt; alle Sprengflächen reagierten auf Phenolphtalein; es wurde eine Probe vom innern und eine vom äußern Mörtel entnommen. Am unterseeischen Mauerwerkblock Nr. 12 (siehe die Photographie dieses Blockes) wurden dieselben Zersetzungserscheinungen festgestellt. Es wurde eine Probe vom innern und eine vom äußern Mörtel entnommen.

4. Sprengung am 11. Juli 1905 von 4 Baublöcken, wovon zwei, Nr. 9 und 15, aus Beton, und zwei, Nr. 13 und 14, aus Mauerwerk (siehe die Photographien dieser Blöcke) bestanden. Die wie die vorherigen (Punkt 3) hergestellten und zusammengesetzten Blöcke wurden 1891—1892 am äußersten Abhange des südlichen Wellenbrechers an der äußern Südspitze versenkt; der Block Nr. 9 wurde bis auf $4^1/_2$ Fuß (1·37 m) unter der Oberfläche herabgelasen, der Block Nr. 15 wurde mit der untern Fläche auf Wasserspiegelhöhe gestellt. Am 10. Juli wurden die Blöcke aus dem Wasser gehoben und auf den Hafenplatz am Reedekai gebracht. Durch äußere Untersuchung wurde festgestellt, daß sich die unterseeischen Blockflächen in gutem Zustande befanden, während auf den außer Wasser gewesenen und hauptsächlich auf den dem Hafen zugekehrt gewesenen (den direkten Wellenschlägen nicht ausgesetzten) Seiten weiße Ausscheidungen festgestellt wurden. Die Außenfläche der Betonblöcke war angegriffen und an den Anbindestellen der nacheinander gestampften Betonschichten mit horizontalen Hohlräumen bedeckt. Nach der Explosion reagierte der Mörtel der Sprengflächen der Beton- und Mauerblöcke auf Phenolphtalein. Auf den unterseeischen Blöcken wurden mehr Zersetzungsflecke beobachtet, als auf denen, die außer Wasser standen und das wahrscheinlich deshalb, weil die Zersetzungsprodukte (CaO und MgO) von den auf Wasserspiegelhöhe eingesetzten Blöcken weggespült worden waren. Nach der äußern Untersuchung schien der Mörtel der auf Wasserhöhe gestellten

Digitized by Google

Blöcke magerer als der der versenkten Blöcke, die Sandkörner der Mörtelmasse stachen mehr hervor und waren weniger mit Zement umhüllt. Es wurden Proben vom äußern Mörtel dieser Blöcke zur chemischen Analyse entnommen.

Die durch die äußere und physikalische Untersuchung der 15 gesprengten Blöcke (siehe die Photographien dieser Blöcke) erzielten Resultate sind kurz folgende:

a) Was die 7 Probeblöcke anbelangt, so war der untersuchte äußere Zustand alle Blöcke ziemlich zufriedenstellend; die vor den Wellen geschützten, nicht auf Phenolphtalein reagierenden Außenflächen, waren stellenweise mit weißen Ausscheidungen bedeckt. Auf den innern Flächen der gesprengten Blöcke und hauptsächlich auf den Berührungslinien des Mörtels mit den Steinen wurden allgemein weiße Fäden und Flecken vorgefunden und der innere Mörtel reagierte überall auf Phenolphtalein. Im großen Ganzen war der Zustand der Blöcke ein ziemlich gleichartiger und es konnte bei keinem der drei verwendeten Zemente (Schlacken-, Portland- oder Quarzzement) ein Überlegenheitsmerkmal festgestellt werden.

b) Die 8 Baublöcke (aus Mauerwerk und aus Beton) wurden (mit Ausnahme des Blockes Nr. 8) ebenfalls in einem ziemlich zufriedenstellenden Zustand vorgefunden; die Außenflächen reagierten nicht auf Phenolphtalein, aber die Kanten und scharfen Winkel der Blöcke (besonders diejenigen der Betonblöcke) waren teilweise verschwunden. Auf den vor den Wellen geschützten Flächen wurde eine starke Vegetation und stellenweise weiße Ausscheidungen vorgefunden; die innern Flächen der gesprengten Blöcke waren, hauptsächlich an den Berührungsstellen des Mörtels mit den Steinen, mit weißen Fäden und sogar mit Flecken bedeckt. Im Block Nr. 8 wurden Hohlräume (wahrscheinlich von einer ungenügenden Stampfung oder der geringen Homogenität des Mörtels herrührend) vorgefunden, welche mit einer weißen Flüssigkeit gefüllt waren, die bei der Explosion ausfloß. Der Mörtel reagierte im Innern überall auf Phenolphtalein. Die Zerstörungsform ist bei den Mauerwerkblöcken und denen aus Beton verschieden: die ersten lockern sich und fallen unter der Einwirkung der Zerstörung in vereinzelte Stücke; die zweiten werden, da sie elastischer sind,

Digitized by Google

verwaschen und allmählich von den Wellen sozusagen weggeleckt, indem die Kanten verschwinden und die Winkel sich abrunden.

Da somit die physikalische Untersuchung der ausgesetzten Blöcke geringe Resultate zur endgültigen Feststellung der Umwandlung der Mörtel in den Blöcken ergeben hat, mußte notwendigerweise zu einer genaueren Untersuchungsmethode, nämlich zur chemischen Analyse der Mörtel, geschritten werden.

Zu diesem Zwecke wurden die in 46 Flaschen verteilten 23 Proben der 15 gesprengten Blöcke der chemischen Analyse unterworfen. Die Hälfte der Flaschen wurde in Libau behalten und im chemischen Laboratorium des Werkes „Vesuv" vom Doktor der Chemie Herrn J. K. Hein nach der von Prof. Lunge*) angegebenen Analysenmethode untersucht. Die andere, nach St. Petersburg gesandte Hälfte wurde im Laboratorium des Institutes der Wegebau- und Verkehrsingenieure, den Kontrollanalysen des Herrn Berg-

Tabelle A.

Zusammensetzung des Braunschweiger Schlackenzements und des aus Schlackenzement hergestellten Mörtels der Versuchsblöcke (1898) nach Eliminierung der Bestandteile des einheimischen Sandes und des Glühverlustes.

	Braunschweiger Schlackenzement	Mauerwerk-Versuchsblöcke			
		Block Nr. 1 (Gruppe V)		Block Nr. 6 (Gruppe III)	
		Probe vom äußern Mörtel	Probe vom innern Mörtel	Probe vom äußern Mörtel	Probe vom innern Mörtel
SiO_2 (wirksame) . . .	25·00	23·38	21·40	25·62	23·97
$Al_2O_3 . Fe_2O_3$	10·00	7·62	10·03	6·87	9·80
CaO	64·00	63·40	55·90	62·72	49·10
MgO	0·50	3·31	0·95	1·22	1·70
SO_3	0·50	2·29	2·15	2·32	1·70
Differenz	—	—	9·57	1·25	13 73
	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00

*) Lunge-Millberg. Zeitschrift f. anal. Chemie 1897, Seite 393 u. 425. Lunge-Bachmann. Tonindustrie 1894, Seite 626.

Digitized by Google

Tabelle B.

Zusammensetzung des Portlandzements Schmidt und des mit Portlandzement hergestellten Mörtels der Versuchsblöcke (1898) nach Eliminierung der Bestandteile des einheimischen Sandes und des Glühverlustes.

	Portlandzement Schmidt	Mauerwerk-Versuchsblöcke			
		Block Nr. 3 (Gruppe V)		Block Nr. 4 (Gruppe III)	Block Nr. 5 (Gruppe I)
		Probe vom äußern Mörtel	Probe vom innern Mörtel	Probe vom innern Mörtel	Probe der Ausscheidungen an der Luft u. Oberfläche
SiO_2 (wirksame) . . .	22·00	21·60	22·11	21·88	—
Al_2O_3	6·52	12·10	8·00	10·49	0·28
Fe_2O_3	2·98				
CaO	63·00	57·54	60·24	53·34	91·06
MgO	2·46	2·86	2·36	2·40	4·25
SO_3	1·18	0·90	0·96	1·41	0·82
Differenz	1·27	5·00	6·33	5·48	4·59
	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00

ingenieurs N. V. Tschobotoff, nach der von Prof. Dementieff*) angegebenen Methode, unterworfen. Gleichzeitig wurde auch der einheimische Sand von den erwähnten Experimentatoren einer Reihe Analysen unterzogen.

Die ausgeführten Analysen haben die Grundlagen zu folgenden Schlüssen geliefert: Wenn man nach Bestimmung der Hauptbestandteile (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO) der untersuchten Mörtel die Bestandteile des einheimischen Sandes von Libau eliminiert und die so gefundenen Resultate mit den Elementen der verwendeten Zemente (Portland-, Schlacken- und Quarzzemente) vergleicht, kann man mit Leichtigkeit schließen, in welchem Maße die Zementbestandteile durch die Einwirkung des Meerwassers verändert wurden.

Nach diesen vier Tabellen (A, B, C, D) kann man mit Sicherheit schließen, daß der Mörtel aller Versuchs- (Probe-) und Baublöcke unter der Einwirkung des Meerwassers Umwandlungen erlitten hat. Diese Umwandlungen charakterisieren sich hauptsächlich

* K. Dementieff. Die technischen Bestandteile der Baumaterialien. Kiew 1905.

Digitized by Google

Tabelle C.

Zusammensetzung des quarz- (oder feuerstein-)haltigen Zements von Port-Kounda und des mit Quarzzement hergestellten Mörtels der Probeblöcke (1898) nach Eliminierung der Bestandteile des einheimischen Sandes und des Glühverlustes.

	Quarzzement von Port-Kounda	Mauerwerk-Versuchsblöcke			
		Block Nr. 2 (Gruppe V)		Block Nr. 7 (Gruppe III)	
		Probe vom äußern Mörtel	Probe vom innern Mörtel	Probe vom äußern Mörtel	Probe vom innern Mörtel
SiO_2 (wirksame) . . .	22·42	27·68	20·57	30·52	27·18
Al_2O_3	6·48	13·03	13·62	14·71	13·95
Fe_2O_3	3·66				
FeS	0·32				
CaO	62·82	49·89	58·78	44·75	48·94
MgO	2·09	6·12	4·36	4·42	4·44
SO_3	1·29	3·28	2·72	5·69	4·01
Differenz	1·24	—	—	—	1·45
	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00

durch die Ausscheidung des Kalkes (CaO) aus dem Mörtel und durch die Absorption der Magnesia (MgO) und der Schwefelsäure (SO_3) des Meeres. Nach den Laboratoriums-Untersuchungen der Herren Le Chatelier, Michaelis, Féret, Rébuffat, Maynard und anderer geht aus einer solchen Änderung der chemischen Zusammensetzung des Zementmörtels hervor, daß der Zersetzungsprozeß des Mörtels schon begonnen hat, und je weiter diese Zersetzung fortschreitet, um so geringer wird die Kalkmenge und um so größer die Menge an Magnesia- und Schwefelsäure im Mörtel. So wurde tatsächlich im Mörtel des Blockes Nr. 8 (Tabelle D), aus dem nach der Explosion eine weiße Flüssigkeit herausfloß, 36% Kalk, 45·24% Magnesia und 2% Schwefelsäure nachgewiesen.

Der sich nach außen ausscheidende Kalk bildet weiße Ansätze, welche, soweit sie nicht vom Wasser weggewaschen werden, auf der Blockoberfläche eine harte Kruste Kalziumkarbonat bilden, wie man aus der Analyse der hart gewordenen Ausscheidungen des Probeblockes Nr. 5 (Tabelle B) ersieht.

Digitized by Google

Tabelle D.

Zusammensetzung der Portlandzemente und des aus Portlandzement hergestellten Mörtels der Baublöcke (1892) nach Eliminierung der Bestandteile des einheimischen Sandes und des Glühverlustes.

	Portlandzement					Mauerwerk-Baublöcke						Beton-Baublöcke				
						Untersee Nr. 11		Untersee Nr. 12		Untersee Nr. 13	Wasserniveau-Block Nr. 14	Untersee Nr. 8	Untersee Nr. 9	Untersee Nr. 10	Wasserniveau-Block Nr. 15	
	Schmidt aus Riga	Port-Kounda	Glouchozerski	Liphardt	Wyssoka	Äußere Probe	Innere Probe	Äußere Probe	Innere Probe	Innere Probe	Innere Probe	Innere Probe	Innere Probe	Innere Probe	Äußere Probe	Innere Probe
SiO_2 . . .	22·00	22·42	22·02	22·48	21·39	20·56	20·81	19·23	20·98	17·33	18·25	8·61	17·51	17·98	15·08	18·03
Al_2O_3 . . .	6·51	6·48	7·07	5·62	8·08											
Fe_2O_3 . . .	2·98	3·66	3·03	2·79	3·68	12·61	12·13	11·30	10·61	9·78	9·91	6·65	11·17	15·21	13·05	10·13
FeS	—	0·32	—	—	—											
CaO . . .	63·60	62·82	62·63	65·78	65·11	54·49	58·23	60·36	59·91	64·41	62·73	36·11	56·78	59·04	63·60	63·33
MgO . . .	2·46	2·09	2·12	1·78	1·21	5·22	3·72	5·83	4·43	5·48	5·95	45·24	9·52	4·10	5·79	5·88
SO_3	1·18	1·29	1·51	1·28	0·16	1·59	3·56	2·80	2·51	1·54	2·13	2·00	3·87	3·13	1·58	2·18
Differenz .	1·27	0·92	1·62	0·27	0·37	0·83	1·55	0·78	1·49	1·46	1·03	4·09	1·15	0·54	0·90	0·45
	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00	100·00

Digitized by Google

Was die Baublöcke (Tabelle D) anbelangt, so kann man folgern, daß der Mörtel der Betonblöcke größere Umwandlungen erlitten hat, als derjenige der Mauerwerksblöcke. Es wurde in den Betonblöcken eine größere Abnahme von CaO und SiO_2 und eine größere Zunahme von MgO und SO_3, als in den Mauerblöcken festgestellt. Man mußte sich hierauf gefaßt machen, denn die Durchlässigkeit ist bei den Mauerwerksblöcken (welche 27—30% Mörtel enthalten) bedeutend geringer als in den (40—45% Mörtel enthaltenden) Betonblöcken.

Diese Tatsache wurde schon von mehreren Hafenbau-Ingenieuren (in Marseille, Genua und Calais) festgestellt, welche in allen Fällen, wo der Mauerwerksbau angewendet werden kann, den Mauerblöcken den Vorzug geben.

Die genannten Tabellen ergeben auch, daß das festgestellte prozentuale Gewichtsverhältnis des Aluminium- und Eisenoxyds (Al_2O_3 und Fe_2O_3) manchmal das Prozent-Gewichtsverhältnis, in welchem diese Bestandteile in den Zementen dieser Mörtel enthalten waren, übertrifft. Dies rührt wahrscheinlich daher, daß die mittlere Zusammensetzung des in Betracht gezogenen Libauer Sandes nicht ganz der wirklichen Zusammensetzung des verbrauchten Sandes entspricht. Der Libauer Sand ist in Wirklichkeit sehr wenig gleichmäßig; die chemische Analyse von fünf entnommenen Proben ergab in bedeutenden Grenzen — von 0·10—0·70% — schwankende Gewichtsmengen von Al_2O_3 und Fe_2O_3. Die geringe Homogenität des Libauer Sandes ist in der Mischung der Erd- und Tonteilchen zu suchen, besonders, wenn der Sand den Sandgruben der Dünen und nicht dem Meeresufer entnommen wurde.

Es muß auch hervorgehoben werden, daß, obschon die Portlandzementmenge in dem aus Quarzzement hergestellten Mörtel zur Hälfte geringer war als im Portlandzementmörtel, die chemische Analyse ergeben hat, daß der Quarzzementmörtel demjenigen aus Portlandzement an Güte nicht nachsteht und daß, wie Tafel C zeigt, im Quarzzementmörtel die Gewichtsmenge der wirksamen Kieselsäure (SiO_2) höher war als in demjenigen aus Portlandzement. Dieser Umstand beweist, daß sich wahrscheinlich in dem, dem Portlandzement zugesetzten, feingemahlenen Quarzsand eine gewisse Menge wirksamer, zur chemischen Verbindung geeigneter Kieselsäure bildet.

Im allgemeinen jedoch haben die vorher angegebenen chemischen Analysen kein charakteristisches Merkmal aufgedeckt,

Digitized by Google

welches geeignet wäre, der einen oder der anderen der untersuchten Zementsorten besondere Vorteile inbezug auf eine größere oder geringere Widerstandsfähigkeit gegen die zerstörenden Einwirkungen des Meerwassers zu verleihen. Wahrscheinlich ist die siebenjährige Versenkung der Probeblöcke sowie die 13jährige der Baublöcke nicht hinreichend, damit während dieser Periode das besondere Verhalten eines jeden der Zemente festgestellt werden konnte. Es steht jedoch fest, daß die Zersetzung der Mörtel schon begonnen hatte und daß diese Zersetzung bei allen untersuchten Mörteln, wenn auch langsam, jedoch unvermeidlich fortschreitet.

Zur Klärung der Frage der fortschreitenden Zersetzung der Blöcke werden die zukünftigen Untersuchungen der noch im Hafen versenkten Probeblöcke der Gruppen II und IV, sowie die Vergleichung dieser Blöcke mit den Baublöcken des Hafens von Libau, von großer Bedeutung sein. Die Versuche müssen in Zukunft unbedingt angestellt werden, im Jahre 1918 z. B., also 20 Jahre nach der Versenkung der Gruppen II und IV.

Zusammenfassung.

Um die Wirkung des Meerwassers auf die im Baltischen Meere (im Hafen zu Libau) versenkten Blöcke festzustellen, wurden im Jahre 1905 15 Blöcke aus dem genannten Meere gehoben und mit Pulver gesprengt. Von den 15 Blöcken waren 7 Blöcke aus Mauerwerk mit einem aus verschiedenen hydraulischen Bindemitteln (Portlandzement, Schlackenzement und Quarzzement) hergestellten Mörtel im Jahre 1898, die übrigen 8 Blöcke, und zwar 4 Baublöcke aus Mauerwerk, 4 Baublöcke aus Beton mit einem aus Portlandzement verschiedener Marken hergestellten Mörtel, im Jahre 1891 versenkt worden.

Die aus den gesprengten Blöcken entnommenen Probestücke wurden der chemischen Analyse unterzogen. Der Vergleich mit der chemischen Zusammensetzung der angewendeten hydraulischen Kalke und Sandsorten hat zu folgenden Schlüssen geführt:

Der Mörtel aller Probeblöcke sowie der Baublöcke haben unter der Wirkung des Meerwassers Veränderungen erlitten. Diese sind hauptsächlich durch Ausscheidung von Kalk (CaO) und Aufnahme von Magnesia (Mg O) und Schwefelsäure (SO_3) gekennzeichnet, und sind der Beweis, daß der Zersetzungsprozeß des

Digitized by Google

Mörtels bereits begonnen hat. Je weiter die Zersetzung fortschreitet, desto geringer wird die Kalkmenge, desto größer der Gehalt an Magnesia und Schwefelsäure. Tatsächlich zeigte einer der Blöcke, aus dessen Innern nach der Explosion eine weiße Flüssigkeit hervorkam, bereits einen Gehalt von 36% Kalk, 45% Magnesia und $2^1/_2$% Schwefelsäure.

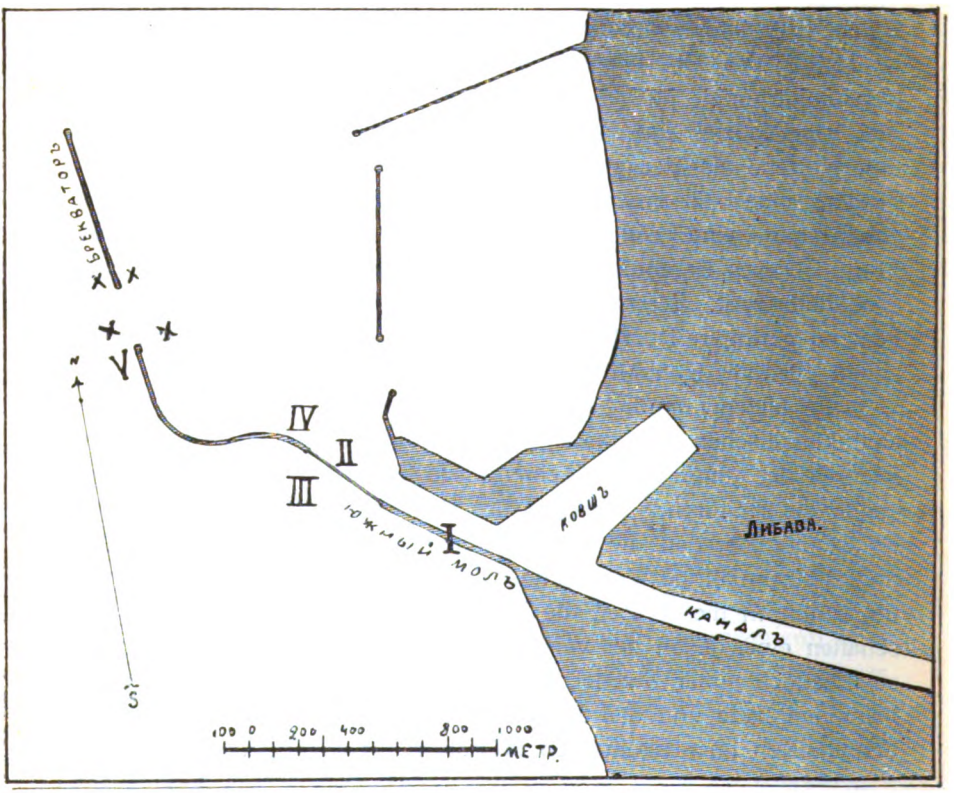
Der Kalk, der in Form eines weißen Niederschlages nach außen tritt, bildet, sofern er nicht vom Meerwasser weggespült wird, auf der Oberfläche des Blockes eine harte Kruste von Kalziumkarbonat.

Der Mörtel der Betonblöcke war größeren Veränderungen unterworfen, als der der Blöcke aus Mauerwerk; er zeigte besonders eine stärkere Verminderung des Kalk- und Kieselsäuregehaltes und eine größere Vermehrung an Magnesia und Schwefelsäure. Dieses Ergebnis war übrigens zu erwarten, da die Blöcke aus Mauerwerk, deren Mörtelgehalt 27—30% beträgt, eine bedeutend geringere Durchlässigkeit besitzen, als die Betonblöcke mit einem 40—50%igen Mörtelgehalt.

Im allgemeinen haben jedoch die chemischen Analysen keine charakteristischen Merkmale zutage gefördert, die einen oder den anderen der untersuchten Zemente als besonders widerstandsfähig gegen die zerstörende Wirkung des Meerwassers erscheinen ließen. Es ist möglich, daß die siebenjährige Versenkung der Probeblöcke und dreizehnjährige Versenkung der Baublöcke ungenügend war, um schon in dieser Zeit die Feststellung der besonderen Eigenschaften eines jeden der verwendeten Zemente zu ermöglichen; es steht jedoch außer Zweifel, daß die Zersetzung des Mörtels bereits begonnen hatte und daß der Zersetzungsprozeß wohl langsam aber unaufhalsam im ausgehöhlten Mörtel weiter schreitet.

Digitized by Google

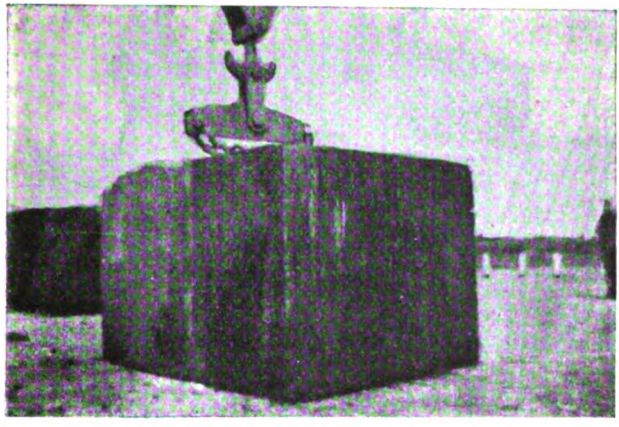
Plan des Hafens von Libau.



I, II, III, IV und V Versenkungsstellen der Versuchsblöcke im Jahre 1898.

(×) Aushebestellen im Jahre 1905 der 1897—1898 versenkten Baublöcke.

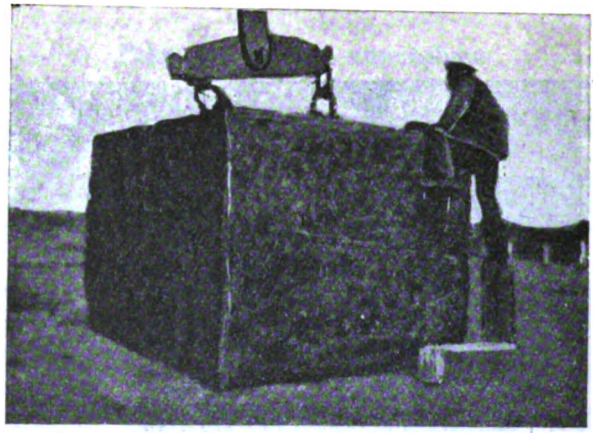
Digitized by Google



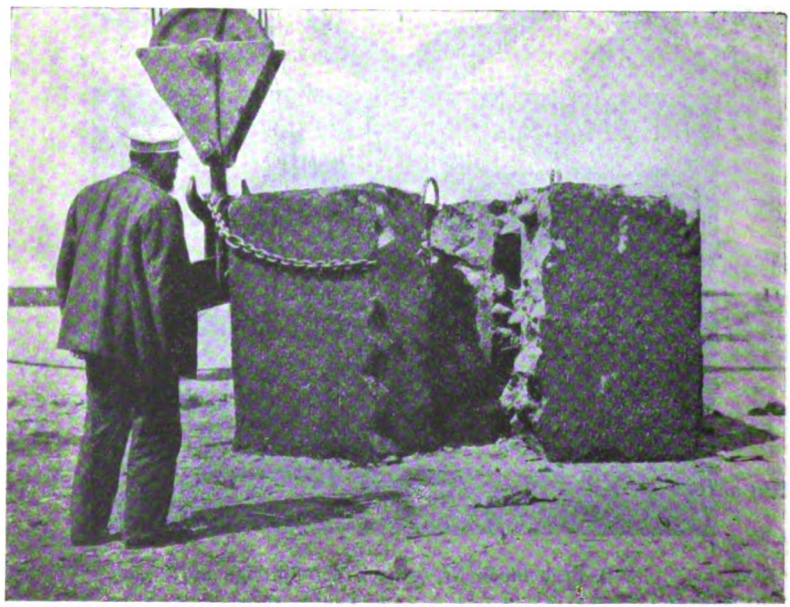
1. Probeblock Nr. 1 vor der Sprengung (Explosion).

2. Probeblock Nr. 1 nach der Sprengung.

Digitized by Google

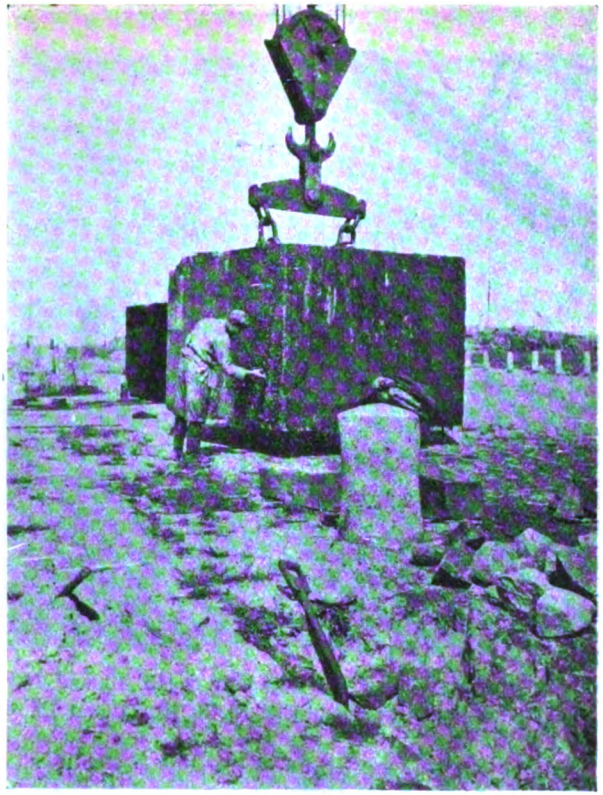


3. Mauerwerk-Probeblock Nr. 2 vor der Sprengung.



4. Mauerwerk-Probeblock Nr. 2 nach der Explosion.

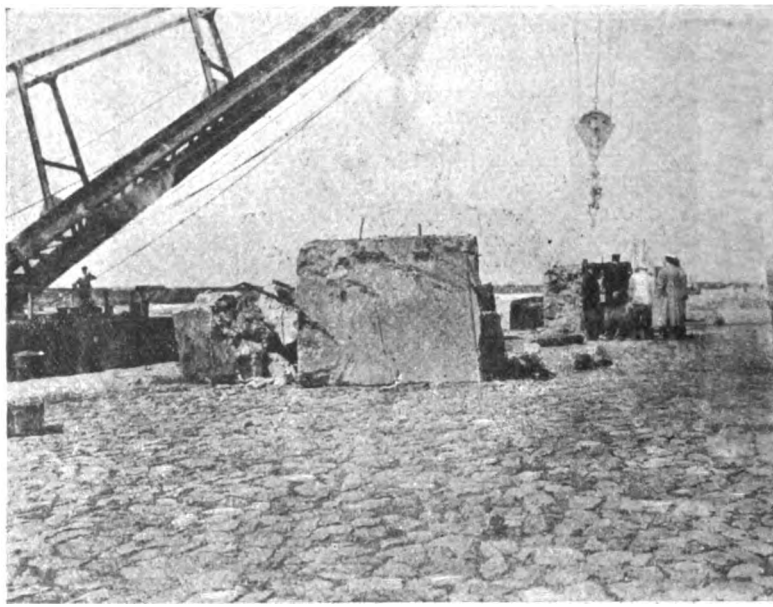
Digitized by Google



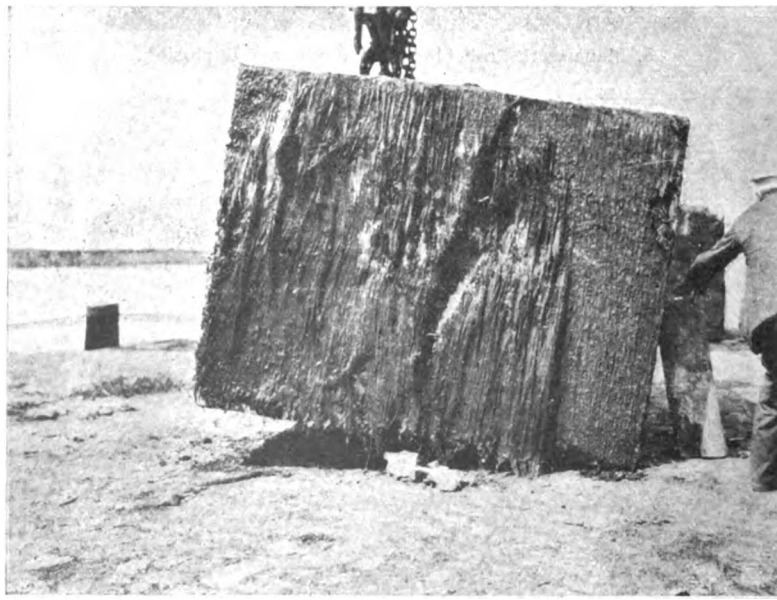
5. Mauerwerk-Probeblock Nr. 3 vor der Explosion.

6. Beton-Baublock Nr. 15 vor der Explosion.

Digitized by Google

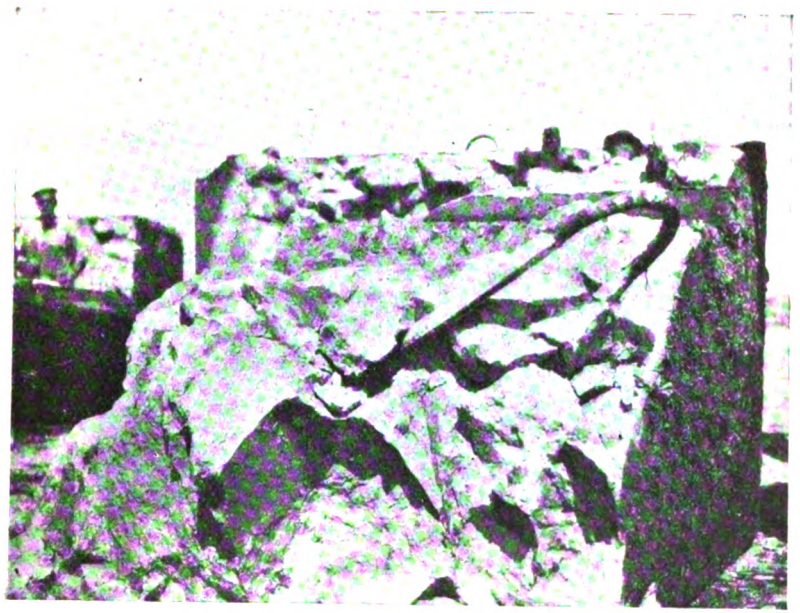


7. Im Vordergrunde — Baublöcke Nr. 9, 15, 13 und 14.
Im Hintergrunde — Baublöcke Nr. 8, 10, 11 und 12.



8. Beton-Baublock Nr. 8 nach der Sprengung.

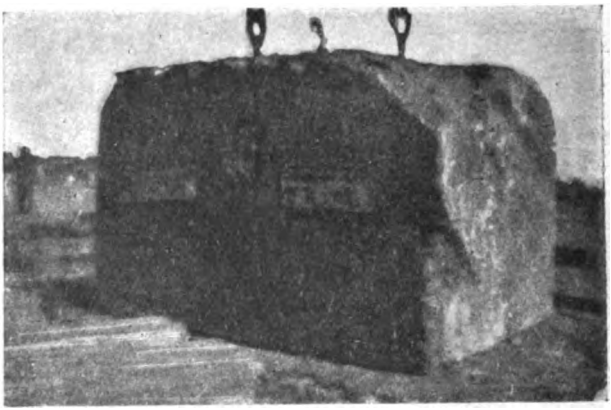
Digitized by Google



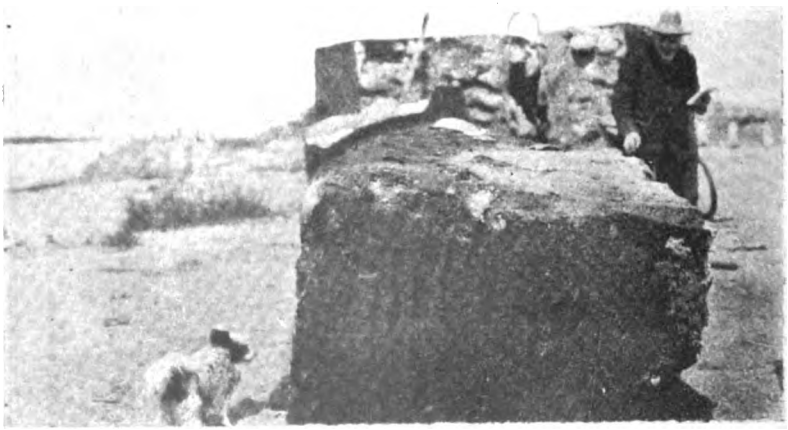
9. Im Vordergrunde — Baublock Nr. 10.
Im Hintergrunde — die Baublöcke Nr. 11 und 12.

10. Im Vordergrunde — die Baublöcke Nr. 9 und 15.
Im Hintergrunde — die Baublöcke Nr. 13 und 14.

Digitized by Google



11. Baublock Nr. 15 vor der Explosion.



12. Baublöcke Nr. 8 und 10 nach der Explosion.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XVII 2

DIE EINWIRKUNG DES MEERWASSERS AUF DIE HYDRAULISCHEN BINDEMITTEL.

Versuche aus dem Laboratorium zu La Rochelle.

Von **Lombard**, Ingenieur des Ponts et chaussées und **Deforge**, Unteringenieur.
(Übersetzt von dipl. Ingenieur R. Hauer, Berlin.)

Infolge von schweren Schäden, die die zersetzende Wirkung des Meerwassers auf hydraulische Bindemittel verursacht hatte, namentlich bei der Wiederherstellung der Schleuse des äußeren Hafenbeckens von La Rochelle-Stadt (begonnen im Jahre 1843, unterbrochen 1848, bei der Wiederaufnahme der Arbeiten zum vollständigen Neubau 1855 abgerissen) und nach bedeutenden Zerstörungen, die zu derselben Zeit in anderen Häfen, besonders in St. Malô und in Le Hâvre beobachtet worden waren, wurde durch Ministerialrunderlaß vom 7. Juli 1852 angeordnet, daß alles Material, das auf den Gebrauch hydraulischer Kalke und Zemente am Meere Bezug hatte, gesammelt werde, und im Jahre 1853 wurde eine Kommission eingesetzt, um alle Mitteilungen, die über diese Frage an die Verwaltung gerichtet wurden, zusammenzufassen.

In La Rochelle wurden am 7. und 10. Juni 1852 Versuche mit fünf gebrannten Puzzolanblöcken aus Neapel ausgeführt, deren gute Haltbarkeit in alten Seebauwerken von vielen Seiten bezeugt war. Der Mörtel, der in La Rochelle untersucht wurde, bestand aus zwei Raumteilen Puzzolanerde auf einen Raumteil fetten gelöschten Kalk; die Mischung mittels Rechens wurde vollständig trocken hergestellt, dann in Haufen gelegt und erst am vierten Tage nach ihrer Herstellung verwendet. Am 3. Mai 1853 ließ der Oberingenieur Marchegay bekanntgeben, daß er bereits Spuren der Zersetzung auf der Oberfläche der so hergestellten Blöcke festgestellt habe.

Digitized by Google

Zur selben Zeit des Jahres 1852 wurden von den Ingenieuren Marchegay und Legros mit 80 würfelförmigen Blöcken von 0·60 m Seitenlänge Versuche angestellt. Diese Blöcke bestanden aus Mörteln verschiedener Zusammensetzung: Hydraulischer Kalk von Richebonne (Untere Charente) und feiner Sand von La Perrotine (Ile d'Oléron); teigiger Kalk von Doué und Sand derselben Herkunft; gewöhnlicher Kalk von Lafond bei La Rochelle und gleicher Sand; künstliche Pouzzolanerde, die in Lafond hergestellt war, mit einem einheimischen kalkhaltigen Ton, der fast bis zur Weißglut gebrannt war; fetter Kalk aus Richebonne vermischt mit Sand aus La Perrotine; Zement aus La Mortanne (Ile d'Oléron) und Sand aus La Perrotine; schnellbindender Zement aus Grignon (Ile de Ré) und Sand aus La Perrotine. Betonsäcke, die aus den gleichen Stoffen zusammengesetzt waren, wurden ebenfalls neben die Blöcke gelegt; außerdem wurde eine große Anzahl Ziegelsteine in Formen mit denselben Mörteln hergestellt und gleichfalls am Fuße des Sankt Nikolasturmes ins Wasser gelegt, endlich Traß aus Andernach (vulkanischer Felsen an den Ufern des Rheins) vermischt mit verschiedenen Arten Kalk und Sand.

In einem Bericht vom 26. April 1857 gab Marchegay bekannt, daß alle untersuchten Blöcke deutliche Spuren des Zerfalles zeigten und daß alle (selbst die, die mit Puzzolan aus Neapel hergestellt waren) sich verändert hatten. Aus der Gesamtheit der Versuche schloß Marchegay, daß die Mauern dem Angriff am meisten ausgesetzt schienen, die vom Meerwasser teilweise bedeckt und dann wieder freigegeben waren.

Der berühmte französische Ingenieur Vicat erklärte nach Prüfung einer künstlichen Puzzolanerde, die für die hydraulischen Mörtel für die Arbeiten am Hafen von Algier Verwendung finden sollte, und die sich nach Verlauf von 6 Monaten im Meerwasser verändert hatte, daß er in den beschädigten Zementen fünfmal soviel Magnesium gefunden habe als in den gut erhaltenen Stücken und daß die Ursache dieser Zerstörungen in der chemischen Wirkung der im Meerwasser enthaltenen Magnesiumsalze ($Mg\,Cl_2$ und $Mg\,SO_4$) auf Kalk und hydraulische Mörtel bestehe. Aber die zahlreichen Bauwerke am Meere, die die Römer mit hydraulischen Puzzolanmörteln errichtet hatten, die sorgfältig mit Kalkhydrat gemischt waren, zeigten, daß diese Bauwerke, obgleich sie mit Mörteln hergestellt waren, die freien Kalk enthielten, sehr viele

Digitized by Google

Jahrhunderte überdauert hatten und der chemischen Wirkung der Meersalze vollständigen Widerstand leisteten. Auch die englischen Portlandzemente schienen diesem Angriff vollständig zu widerstehen.

Vicat widmete sich eifrig der Untersuchung dieser Frage und fand einen hervorragenden Einfluß der Porosität der Mörtel auf die Schnelligkeit ihres Zerfalles. Nach Vicat erfordert die Haltbarkeit des Mauerwerkes eine der folgenden Bedingungen:

1. Bildung einer festen undurchdringlichen Schicht an der Oberfläche, hervorgerufen durch die Entstehung kohlensaurer Salze am Zemente und die Entwickelung von Vegetation und Meermuscheln.

2. Gleichzeitige Reaktion der Magnesiumsalze und der Kohlensäure, die ohne Zerfall eine chemische Veränderung des Zementes hervorruft.

Sein Sohn, J. Vicat, der Begründer der Gesellschaft Vicat & Cie., der soeben eine Fabrik errichtet hatte, in der hergestellt wurde:

1. natürlicher schnellbindender Zement;

2. künstlicher, doppelt gebrannter, langsambindender Zement;

3. ein Zement, der besonders für Arbeiten am Meere dienen sollte (natürlicher Zement) — veröffentlichte im April 1858 eine Schrift, in der er die Ergebnisse der Beobachtungen mitteilte, die sich auf die zahlreichen Untersuchungen seines Vaters stützten, Beobachtungen, die von ihrem wissenschaftlichen Werte nichts eingebüßt haben und die in so zahlreichen Werken, die diesen Gegenstand behandeln, angeführt sind, daß es nicht notwendig ist, sie in dieser kurzen Abhandlung wiederzugeben.

Vicats Sohn bemühte sich um die Ausführung von Versuchen über seinen Meerzement; darauf wurde vom Minister angeordnet, daß diese Versuche besonders in La Rochelle ausgeführt werden sollten.

Dieser Zement band in 45 Minuten ab und hatte ein spezifisches Gewicht von 780 g.

Am 31. Mai 1859 wurden drei würfelförmige Blöcke von 0·60 m Kantenlänge am Fuße des St. Nikolasturmes versenkt.

Der erste Block bestand aus einem Raumteil Sand und zwei Raumteilen Zement.

Der zweite Block bestand aus zwei Raumteilen Sand und einem Raumteil Zement.

Digitized by Google

Der dritte Block bestand aus reinem Zement.

Am 1. Juli 1900 war der erste Block noch in gutem Zustande, aber die Oberfläche war etwas zersplittert, d. h. brach in kleine unregelmäßige Stücke; der Mörtel des zweiten Blockes begann an den Ansichtsflächen zu zerfallen, und für den dritten Block setzte sich die Zerstörung an der Oberfläche langsam fort. Dieses Jahr haben wir, wie gewöhnlich, die Blöcke besichtigt; es scheint, daß die Anzeichen einer Veränderung, die 1900 an dem dritten Blocke beobachtet wurden, nicht als Zeichen des Zerfalles betrachtet werden dürfen; der Block aus reinem Zement ist in gutem Zustande 11 Jahre nach der Beobachtung von 1900; er hat augenblicklich ein Alter von 52 Jahren. Was die beiden anderen Blöcke anbetrifft, so bieten sie nur leichte Zeichen der Veränderung an den äußeren Flächen, die sich in kleine Stücke spalteten. Durch ihre Lage waren sie außerdem zahlreichen Erschütterungen ausgesetzt; auch hatten sie lebhafte Strömungen auszuhalten.

In dem Zeitraume von 1856 bis 1875 hat man, außer den Blöcken aus Vicatzement, an demselben Orte einige Blöcke verlegt, die aus Mörtel bestanden mit Zement von Montbron (Charente), von Pouilly, von Vassy, von Venarey und Seigny Marke Lobereau und Meurgey, von Angibeau (Ile de Ré), von Boulogne (Marke Fanchon).

Diese Blöcke, die im allgemeinen gut gehalten haben, befinden sich im Zustande des Verfalles oder sind verschwunden.

Am 24. Juni 1857 wurden zwei Blöcke reinen englischen Portlandzementes (White and Brothers) am selben Orte versenkt. Die Blöcke wurden aus Unachtsamkeit zrebrochen; der eine von beiden, der eine Rosafärbung besitzt hat ein Alter von 54 Jahren; man kann jedoch nicht sagen, daß seine Zerstörung sehr weit fortgeschritten sei.

Im Jahre 1880 unternahm Thurninger, Ingenieur des Seedienstes in La Rochelle, eine Reihe von Versuchen über Kalk aus dem Theil (Ardèche).

32 Blöcke wurden am Fuße des St. Nikolasturmes versenkt, und zwar auf einem Bankett, das das Meer bei jeder Flut bedeckt und bei Ebbe wieder freigiebt. Sie waren sämtlich mit Süßwasser hergestellt, und zwar 16 mit Mörtel aus grobem Sand von St.-Denis (Ile d'Oléron), 16 mit Mörtel aus feinem Sande. Jede Serie von 16 Blöcken teilte sich in vier Gruppen, von denen zwei aus

Digitized by Google

Beton (zwei Teile Kies auf einen Teil Mörtel) und zwei aus Mauerwerk hergestellt waren; eine Gruppe jeder Art wurde einen Monat nach ihrer Herstellung versenkt; die andere Gruppe wurde an Ort und Stelle hergestellt. Endlich betrug das Mengenverhältnis des Kalkes im Mörtel der vier Blöcke nacheinander: 400, 350, 300, 250 K.

Eine gleiche Serie von 32 Blöcken mit demselben Mörtel aus Kalk aus dem Theil wurde zu gleicher Zeit 1880 am Fuße der Mole vom Lazaret versenkt, die in der Bucht von La Rochelle liegt, und wo das Wasser bewegter ist. Die Mörtel waren mit Meerwasser angerührt und die Blöcke wurden von der Flut abwechselnd bedeckt und wieder freigegeben.

Der Einfluß des Mischungsverhältnisses ist an der Art und Weise, wie sich die Blöcke im Meere gehalten haben, nicht erkennbar; aber es scheint, daß sich die Blöcke mit grobem Sande etwas besser erhalten haben als die Blöcke mit feinem Sande.

Die Blöcke, die einen Monat nach ihrer Herstellung versenkt wurden, scheinen sich nicht besser gehalten zu haben als die, die am Wasser hergestellt wurden. Die Erscheinung, die am deutlichsten erkannt werden kann, ist, daß der Beton, was Haltbarkeit anbetrifft, dem Mauerwerk weit überlegen ist.

Heute sind alle Blöcke zerstört und ihr Mörtel zerfallen. Ihre größte Dauer betrug 15 Jahre für die Blöcke aus Mauerwerk, 19 Jahre für die Blöcke aus Beton.

Der Ingenieur de Beaucé aus La Rochelle hatte im Jahre 1858 einen interessanten Versuch vorbereitet, indem er in der Nähe des Dammes von La Perrotine (Ile d'Oléron) drei Blöcke mit siliciumhaltigem Theil-Kalk in das Meer versenkte. Da die Stelle, an der die Blöcke niedergelegt worden waren, versandete, verlor man die Blöcke. Im Jahre 1884 wurde einer dieser Blöcke wiedergefunden; er war abgerundet und an der Oberfläche zerfallen. Er wurde nach La Rochelle gebracht und in das Versuchsbecken am Fuße des St. Nikolasturmes gelegt. Der Mörtel ist heute, nach 53 Jahren, von denen er die Hälfte im Sande lag, wieder weich geworden und blättert ab.

Proben von Mörteln aus Theil-Kalk wurden für die Blöcke verwendet, die am Fuße der Mole vom Lazaret versenkt wurden. Man hat beobachtet, daß eine beträchtliche Menge Kalk aufgelöst und von dem Blocke weggespült wurde; die Mörtel waren zerfallen,

Digitized by Google

ohne eine Schwellung zu erleiden; das sichtbare Volumen war das gleiche geblieben, aber die Festigkeit des Mörtels war verschwunden; man konnte ihn mit den Fingern zerdrücken.

Unabhängig von diesen Versuchen wurde eine andere Reihe Untersuchungen von dem Ingenieur Thurninger im Jahre 1880 begonnen und von seinen Nachfolgern fortgesetzt. Es wurden Blöcke von 0·40 m Kantenlänge in einem Versuchsbecken am Fuße des St. Nikolasturmes untersucht. Die Ufer dieses Beckens liegen in einer genügend großen Höhe, um die Blöcke immer vom Wasser benetzt zu erhalten. Aber das Wasser erneuert sich bei jeder Flut. Ein Schütz, das sich in einer der Umfassungswände dieses Behälters befindet, gestattet bei niedrigem Wasserstand die Blöcke trocken zu legen und sie zu besichtigen.

Die Anzahl dieser Blöcke war 193 im Jahre 1897, 245 im Jahre 1899 und am 1. Juli 1911 zählte man deren 319.

Am 6. Januar 1897 erstattete Ingenieur Viennot Bericht über die Versuche mit den zu dieser Zeit vorhandenen 193 Blöcken sowie über die verschiedenen Untersuchungen, die er zusammen mit Herrn Maynard angestellt hatte, Conducteur des Ponts et Chaussées, am Laboratorium, das in La Rochelle durch Erlaß vom 25. September 1884 zum Zwecke der Untersuchung hydraulischer Bindemittel errichtet worden war. Ohne im einzelnen auf die Ausführungen einzugehen, die sich in dem genannten Bericht finden, und auf den wir hier verweisen können, wollen wir doch einige der dort erhaltenen Schlüsse wiedergeben.

„Eine erste absolut wesentliche Bedingung für die Widerstandsfähigkeit des Zementes gegen die Einwirkung des Meerwassers ist das Fehlen jedes freien anhydritischen Kalkes oder Magnesiums sowie eisenhaltigen Kalkes.

Ein Körper, der ins Meerwasser versenkt wird und selbst aus Portlandzement bester Qualität besteht, ferner kein Stück freien anhydritischen Kalkes enthält, kann trotzdem mit der Zeit zerfallen, wenn er porös und durchlässig ist.

Die hydraulischen Kalke beginnen in der Regel, unabhängig von dem Mischungsverhältnis des Mörtels, ein oder zwei Jahre nach ihrer Versenkung ins Meer zu zerfallen und lösen sich nach einer Reihe von Jahren, die jedoch 15 nicht zu überschreiten scheint, breiartig auf.

Der Beton ist widerstandsfähiger als das Mauerwerk

Digitized by Google

Die schnellbindenden Zemente beginnen nach einem Zeitraume von 5 bis 8 Jahren zu zerfallen und lösen sich sodann auf.

Die langsambindenden Zemente sind geneigt, nach sechs bis acht Jahren zu zerfallen, können aber auch eine Lebensdauer von über 38 Jahren haben, ohne zerstört zu werden.

Bei den Blöcken aus reinem Zement, die am wenigsten widerstandsfähig sind, scheint der Zerfall mit einer vorhergehenden Anschwellung verbunden zu sein; ferner bemerkt man eine Dislokation des Blockes, die wahrscheinlich davon herrührt, daß Teile des Zementes langsam zu Hydrat werden, da sie beim Anrühren nicht genügend Zeit gehabt haben, die zur Mörtelbildung notwendige Wassermenge festzustellen und zu binden.

Die Mörtel, die am widerstandsfähigsten sind, haben das Mischungsverhältnis 1 Teil Zement auf 1 bis 2 Teile Sand, was ungefähr 1300 und 600 Zement für den Kubikmeter entspricht; diese Mörtel sind auch am wenigsten porös."

Im September 1901 kam der damalige Ingenieur des Seedienstes Eugène Mayer in einem Bericht, der 1901 dem Budapester Kongreß vorgelegt wurde, während Herr Maynard, Conducteur des Ponts et Chaussées, unter seiner Leitung mit den Arbeiten im Laboratorium beauftragt war, zu folgenden Schlüssen:

„Aus den in La Rochelle seit 1852 angestellten Versuchen scheint zu folgen, daß es kein Produkt gibt, das der zersetzenden Wirkung des Meerwassers widerstehen könnte, und daß auch die besten Verbindungen nur ein beschränktes Alter erreichen können.

Außerdem gestattete die jährliche Prüfung der Blöcke, festzustellen, daß die Wirkung des Seewassers nach der Natur der Verbindung, ihrer physikalischen Beschaffenheit sowie ihrer chemischen Zusammensetzung verschieden war. So kommt es, daß die siliziumhaltigen Kalke aus dem Theil, die ungenügend gelöscht sind, in weißen Brei zerfallen und anschwellen. Sind sie aber gut gelöscht oder ist der Mörtel einer genügend großen Belastung ausgesetzt, so behält er seine Form, ohne anzuschwellen, verliert aber seine Festigkeit allmählich immer mehr, indem sich der Kalk auflöst und durch das Meerwasser weggespült wird. Der Mörtel verfärbt sich nach und nach in lebhaftes Rosa. Auch die Portlandzemente verändern sich auf verschiedene Weisen.

Wenn der Zement sehr kalkreich ist und der Mörtel einen großen Prozentsatz Zement enthält, dehnt sich der Block aus,

Digitized by Google

wird rissig, und, ohne eine fortgeschrittene chemische Auflösung erlitten zu haben, zerfällt er in viele kleine Stücke; die innere Arbeit gelangt bisweilen so schnell zur Wirkung, daß man den Vorgang mit einem Zerspringen oder einer Explosion vergleichen kann.

Wenn der Zement eine angemessene Menge Kalk enthält, kann der Mörtel ohne merkliche Volumvergrößerung zerfallen; in diesem Falle bemerkt man, daß der Mörtel sich um so lebhafter in Rosa verfärbt, als er dem gänzlichen Zerfall entgegengeht.

Der Portlandzement endlich verändert sich unter der Einwirkung des Meerwassers auf eine dritte Art.

Man sieht, daß der Mörtel seine graue Farbe behält, indem er sein Volumen immer mehr vergrößert; sodann bekommt er Risse, treibt und beginnt auch äußerlich die Zerstörung erkennen zu lassen; gleichzeitig verliert der Mörtel seine Festigkeit, die angeschwollenen Teile brechen ab und zerfallen endlich in Brei, der vom Meere zerrührt wird."

Die häufigeren Besichtigungen und die leichtere Zugänglichkeit der Zementblöcke, über die wir verfügen, seitdem wir die von der Kommission im Jahre 1902 vorgeschriebenen Versuche ausführen, haben uns gestattet, aus nächster Nähe die verschiedenen Phasen dieser dritten Art der Veränderung der Zemente zu beobachten. Denn diese Versuche fanden auf einem Platze statt, der vom Meere zeitweilig freigegeben wurde, und die Blöcke wurden so häufig gereinigt, daß sich keine Meeresvegetation auf ihnen bilden konnte. Wir haben festgestellt, daß sich diese Veränderung am häufigsten bei den Blöcken fand, bei denen die Mischung insbesonders mit feinem Sande derart war, daß die Zementmenge unter 450 kg blieb.

Die Kanten der Blöcke beginnen ihre Festigkeit zu verlieren, dann erscheinen Adern an der Oberfläche; es folgen leichte Risse von $^1/_2$ mm Stärke. Diese Risse ziehen schließlich die Ecken der Blöcke in Mitleidenschaft, ihre Breite wird allmählich größer, kleine Seewürmer nisten sich dort ein und begünstigen das Eindringen von Meerwasser. Die Kanten brechen in zwei Drittel der Höhe ab; der Block bekommt allmählich oben die Form eines Zylinders, die mechanische Einwirkung des Meeres rundet den oberen Teil des Blockes ab; sodann rundet sich, da der mittlere Teil wegen des geringeren Angriffes härter bleibt, schließlich auch der untere Teil ab, und der Block nähert sich nach und nach der Kugelgestalt. Dieser Veränderungsvorgang wurde ebenso bei den

Digitized by Google

Blöcken aus hydraulischem Kalk als bei den Blöcken aus Beton festgestellt.

Mayer sowie Viennot beobachteten die längere Dauer des Widerstandes gegen die Einwirkung des Meerwassers bei den Betonblöcken. Sie glaubten die Ursache darin zu finden, daß sie für den Gebrauch gestampft werden, was die Wirkung habe, sie weniger porös und weniger durchdringlich zu machen. Man erkannte, daß Portlandzemente ausnahmsweise ein Alter von mehr als 40 Jahren erreichen konnten.

Man findet in dem Berichte des Ingenieurs Mayer diejenigen Schlüsse, die sich auf die Rolle beziehen, die die chemischen Kräfte bei der Zersetzung der Mörtel spielen. Wir wollen uns darauf beschränken, auf einige Feststellungen hinzuweisen, die uns erwähnenswert erschienen, vor allem auf die gute Widerstandsfähigkeit unseres Vicat-Zementes, die von dem Ingenieur Le Chatelier der Unzulänglichkeit des Kalkes in diesem Produkte zugeschrieben wird, das eine große Menge Aluminium enthält. Ferner machen wir darauf aufmerksam, daß, wenn nach Ansicht gewisser Fabrikanten hydraulischer Bindemittel die wenig aluminiumhaltigen Zemente dann dem Zerfall ausgesetzt sind, wenn sie mehr als 60% Kalk enthalten, man dennoch Ursache hat, über die Gründe der mit einigen Produkten erhaltenen Resultate keine voreiligen Schlüsse zu ziehen. Denn sowohl der Seezement Pavin de Lafarge, der nur 0·95% Aluminium und 65·65% Kalk enthält und seit sechs Jahren im Meer versenkt ist, sowie ein anderer Seekalk derselben Marke, der nur 0·70% Aluminium und 67% Kalk enthält, haben sich in La Rochelle vorzüglich gehalten und zeigen keine Spur von Zerstörung, während zwei Zemente guter Marke, von denen der eine 7·56% Aluminium und 55·20% Kalk, der andere 6·80% Aluminium und 54·45% Kalk enthielt, für die mageren Mischungen bereits seit den ersten Jahren Anzeichen der Zersetzung erkennen ließen.

Wir weisen also auf den nach 52 Jahren vollkommen einwandfreien Zustand des Blockes Vicats hin, der nur 32·64% Kalk, 3·44% Aluminium und 2·55% Eisenperoxyd enthielt, ferner auf die gute Haltung der oben erwähnten Lafarge-Zemente sowie der Zemente von Dannes, über die mit Rücksicht auf den Bau eines Leuchtturmes in Rochebonne Versuche angestellt wurden, und die 63·30% Kalk, 2·40% Eisenoxyd und 0·90% Schwefelsäure ent-

Digitized by Google

hielten; sie haben seit 15 Jahren keine Spur von Veränderung gezeigt.

Wir haben geglaubt, diese verschiedenen Tatsachen erwähnen zu müssen, um zu zeigen, daß diese Frage augenblicklich noch nicht völlig geklärt erscheint. Dies ist durchaus nicht verwunderlich; denn die Bestimmung der Gründe für die Zersetzung hängt von einer zu großen Anzahl von Tatsachen ab, um eine leichte Lösung zu gestatten.

Wir haben dieses Jahr der Kommission für Kalke und Zemente einen Bericht vom 1. Juli 1911 gesandt, der von der Prüfung der seit dem Jahre 1880 in dem Versuchsbecken des St. Nikolasturmes versenkten Blöcke handelte. Wir haben dort die Beobachtungen über das Alter der versenkten Blöcke im Augenblicke der ersten Anzeichen der Veränderung und im Augenblicke des vollständigen Zerfalles zusammengestellt und nach der Natur der hydraulischen Bindemittel geordnet. Es ist uns daher gelungen, die Kalke sowie die langsam- und schnellbindenden Zemente nach ihrem Verhalten im Meere einzuteilen, was uns der besonderen Hervorhebung wert erscheint. Diese Einteilung gestattet uns, über die Lebensdauer der in La Rochelle untersuchten Bindemittel die Schlüsse unserer Vorgänger folgendermaßen zu präzisieren:

1. Die leichten hydraulischen Kalke von der Art, wie sie in der Unteren Charente hergestellt werden (Kalke von Marans), haben im allgemeinen zwei oder drei Jahre nach ihrer Versenkung Anzeichen von Veränderung zu zeigen begonnen; nach einer gewissen Anzahl von Jahren, die jedoch im Mittel 15 Jahre nicht überschritt, sind sie zu Brei zerfallen.

2. Die besseren hydraulischen Kalke (Kalk von St. Astier, Kalk vom Teil, Kalk von Touzague, schwerer Kalk von Nieul sur mer) haben erst nach vier, sechs oder sieben Jahren Veränderungen gezeigt und haben eine Lebensdauer gehabt, die kaum 20 bis 22 Jahre überschritten hat.

3. Der Beton hat eine größere Widerstandsfähigkeit gezeigt als das Mauerwerk. So haben Betonblöcke aus hydraulischem Kalk vom Teil erst nach einer mittleren Zeitdauer von sieben Jahren Anzeichen von Veränderung gezeigt und 19 bis 28 Jahre bestanden. Ein Block, der

Digitized by Google

27 Jahre im Sand vergraben war, besteht heute noch nach 53 Jahren.

4. Die schnellbindenden Zemente haben nach einer Versenkungsdauer von 11 Jahren für die Zemente von Grenoble, Type Porte de France, von 19 Jahren für die Zemente von Sauveterre Anzeichen von Veränderung zu zeigen begonnen. Die Versuchsblöcke existieren heute noch nach 29 Jahren 6 Monaten Versenkung (Zement von Sauveterre), bzw. 24 Jahren (Zement von Grenoble); aber sie sind auf dem Punkte zu zerfallen.

Die mit 5 bis 8 Jahren in dem Bericht von 1897 festgesetzte Grenze für den Beginn der Zersetzung der schnellbindenden Zemente bezieht sich auf die schnellbindenden Zemente des Landes, die wenig sorgfältig hergestellt sind und im übrigen für die Praxis nur gebraucht werden dürfen, um frisches Mauerwerk während seiner Herstellung gegen den Angriff des Meeres zwischen zwei Fluten zu schützen; man entfernt ihn bei der nächsten Ebbe, um die Arbeit fortzusetzen.

5. Für die untersuchten langsambindenden Zemente sind die ersten Zeichen von Veränderung im Mittel fast nie früher als nach 10 und 20 Jahren für den belgischen Zement Josson & Cie. (Antwerpen) festgestellt worden. Noch nach 29jährigem Bestehen waren die drei Blöcke in gutem Zustande; es ist daher fraglich, ob nicht die beobachtete leichte Veränderung die Folge der mechanischen Wirkung der Strömung ist. Ein anderer Zementblock aus Porte de France, der seit 29 Jahren versenkt ist, zeigt keine Spur von Veränderung; dasselbe gilt für drei Portlandzementblöcke von Hollik & Cie. (London). Zwei Zementblöcke „Sphinx" von Boulonnais liegen bereits 26 Jahre in unserem Becken und zeigen seit ihrer Versenkung keine Veränderung ihres Zustandes. Wenn man bedenkt, daß die Blöcke aus Vicat-Zement eine Lebensdauer von bereits 52 Jahren haben und die englischen Portlandzemente Withe and Brothers von 54 Jahren, so kann man daraus Schlüsse ziehen, die ein weniger pessimistisches Gepräge tragen als im Jahre 1901. Denn wenn die Blöcke, die den mechanischen Einwirkungen des Meeres ausgesetzt sind, so lange Jahre überdauern können, so liegt für die Haltbarkeit der weniger exponierten Seebauwerke durchaus keine Gefahr vor. Man muß nur unter den verschiedenen Eigenschaften der einzelnen Bindemittel wählen und die notwendigen Vorsichtsmaßregeln treffen,

Digitized by Google

sowohl was die Mischungen anbetrifft als die Vorbereitung der Mörtel und den Gebrauch der Materialien.

Ein Ministerialerlaß vom 13. Dezember 1902 hat vorgeschrieben, daß in den Häfen von Boulogne, Le Hâvre, La Rochelle und Marseille Versuche angestellt werden sollten, und zwar nach einem von der Kommission für Kalke und Zemente in seinen Sitzungen vom 20. Juni, 17. Oktober und 26. Dezember 1903 angenommenen Programm. Die Ergebnisse dieser Versuche werden regelmäßig der Kommission mitgeteilt. Wir glauben, daß es hier nicht unsere Aufgabe sein kann, über die Ergebnisse dieser Versuche genau zu berichten; wir können nur sagen, daß sie den größten Teil der Schlußfolgerungen zu bestätigen und zu präzisieren scheinen, die die Ingenieure, die nacheinander den Seedienst im ersten Bezirk hatten, in ihren Berichten über die in La Rochelle seit 1852 ausgeführten Versuche angegeben haben.

Was die Konstruktionspraxis der Seebauwerke anbetrifft, so kann man schon jetzt als feststehend ansehen, daß, wenn auch der größte Teil aller jetzt gebräuchlichen Zusammensetzungen einer Zerstörung ausgesetzt sind, der Portlandzement in jeder Hinsicht dasjenige unter den hydraulischen Bindemitteln ist, das den Vorzug verdient.

Für die Arbeiten an der See empfiehlt es sich, Mörtel mit reichem Zementzusatz zu gebrauchen, und zwar möglichst dichten und festen, um seine Undurchdringlichkeit zu erhöhen.

Es empfiehlt sich, niemals Mischungen unter 500 kg Zement auf einen Kubikmeter Sand zu verwenden. Nimmt man aber mehr als 600 kg, so ist dies in jeder Hinsicht vorzuziehen.

In den nach dem Programm von 1902 unternommenen Versuchen, die sich auf 312 Blöcke erstrecken, tritt eine Tatsache, e bereits von den früheren Versuchen festgestellt worden war, deutlich hervor, nämlich die geringe Haltbarkeit der Mörtel von einer Mischung unter 450 kg Zementzusatz, ferner die Überlegenheit der mit grobem Sande hergestellten Mörtel über die mit feinem Sande, besonders bei geringem Zementzusatz.

Diese Beobachtungen finden ihre unmittelbare Anwendung in dem Gebrauche von Eisenbeton an der See (Herstellung von Pfählen oder Verkleidung von Steinpackungen, Kaimauern u. dgl.); hierfür wird es sich empfehlen, stärkere Zementzusätze vorzusehen, als bei denselben Arbeiten in Süßwasser üblich ist.

Digitized by Google

Mauerwerk soll aus möglichst starkem Material bestehen, der Mörtel soll soviel Wasserzusatz erhalten, daß er eine weiche Masse bildet, ohne Übertreibung natürlich, aber immerhin weich genug, um die Lücken im Material ausfüllen zu können; das Material selbst ist so wenig porös wie möglich zu wählen; die Fugen endlich müssen aus Mörtel bestehen, der gut am Eisen haftet.

Vor einigen Jahren hatte man aus wirtschaftlichen Rücksichten empfohlen, außen Verkleidungen aus Zementmauerwerk, im Innern dagegen Füllmauerwerk aus hydraulischem Kalkmörtel zu verwenden. Dies hat jedoch zu großen Unzuträglichkeiten Anlaß gegeben. Zahlreiche Kaimauern, die seit weniger als 20 Jahren in dem Bezirke Charente-Inférieure nach dieser Methode gebaut worden sind, haben heute ihren Mörtel im Zustande der Zersetzung. Wir denken, daß der gesamte Baukörper gleichmäßig hergestellt werden soll unter Verwendung von Mörteln derselben Art und derselben Mischung.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XVII3

ÜBER DIE EINWIRKUNG VON MEERWASSER AUF EISENBETON.

Von **V. J. P. de Blocq van Kuffeler,** Hoorn (Niederlande).

(Übersetzt von K. Nähr, Wien.)

Der ständige Verband der internationalen Schiffahrtskongresse hat die Frage der Anwendung von Eisenbeton bei Meeresbauten auf die Tagesordnung des XI. und XII. Kongresses gestellt.

Ich hatte die Ehre, auf dem letzterwähnten Kongresse den Bericht für Holland zu erstatten. Da man mir nun versicherte, daß die Schlußfolgerungen, zu denen ich damals gelangt war, auch die Teilnehmer des VI. Kongresses des internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik interessieren möchten, habe ich mich entschlossen, sie hiemit auch diesem Kongresse vorzulegen.

Die vielfache Anwendung, die der Eisenbeton in den Niederlanden bei Meeresbauten findet, gibt Zeugnis von dem immer wachsenden Zutrauen, das wir diesem neuen Bauzweige entgegenbringen selbst dann, wenn die Bauwerke der Einwirkung des Meerwassers ausgesetzt sind. Dessenungeachtet ist es notwendig, sich über diesen Einfluß Rechenschaft zu geben.

Es ist allseits bekannt, daß das Eisen durch den es umgebenden Beton vollkommen geschützt wird, vorausgesetzt, daß das Eisen der Oberfläche des Betons nicht zu nahe liegt. Ein Abstand von mindestens 2 cm ist — namentlich bei Meeresbauten — vorzuschreiben.

Bisher hat man fast immer Portlandzement ohne Traßzusatz verwendet. Die praktischen Erfahrungen, die man hinsichtlich der Schutzwirkung des Traßzementbetons hat machen können, sind gegenwärtig zwar noch nicht sehr groß. Das solchem Traßzemetbeton entnommene Eisen ist jedoch in ebensogutem Zustande

Digitized by Google

befunden worden wie in reinen Portlandzementbeton eingebettetes Eisen, d. h. ohne jede sichtbare Spur von Rost Diese Ergebnisse können, zumal ja auch keinerlei theoretische Erwägungen für die Annahme eines Angriffes des Eisens durch den Traß sprechen, als hinreichend ermutigend gelten.

Die gegenständliche Frage über das Verhalten von Eisenbeton bei Meeresbauten beschränkt sich somit auf die Frage, wie sich der Beton gegenüber den Angriffen des Meerwassers verhält.

Im allgemeinen wird die Zersetzung des Betons durch die im Meerwasser enthaltenen Salze verursacht, und unter diesen sind wieder die schwefelsauren Salze besonders gefährlich wegen ihrer Wirkung auf die weniger stabilen Kalkverbindungen, die sich während des so lange andauernden Erhärtungsvorganges des Zementes bilden.

Offensichtlich ist der Einfluß des Meerwassers in der ersten Zeit nach der Betonierung am schädlichsten, weil da die vorgenannten Verbindungen am wenigsten stabil sind. Die Erfahrungen der Praxis bestätigen auch diese Theorie.

Aus Versuchen, die von einer deutschen Sonderkommission auf Sylt und in der Versuchsanstalt in Groß-Lichterfelde ausgeführt wurden (Mitteilungen aus dem Kgl. Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde W., 5. und 6. Heft 1911), geht hervor, daß der Widerstand des Betons, der ein Jahr lang an feuchter Luft erhärten konnte, bevor man ihn ins Meerwasser legte, größer ist als der eines Betons, der kurz nach seiner Herstellung dem Einflusse des Meerwassers ausgesetzt worden war. Insbesondere trat dies bei den fetten Mischungen in Erscheinung.

Der Fundamentbeton einer Kaimauer auf der Insel Vlieland, den man an feuchter Luft hatte erhärten lassen, bevor man ihn an Ort und Stelle einbaute, war ein Jahr nach seiner Herstellung härter geworden, als der in ganz gleichem Mischungsverhältnis aufbereitete Beton des aufgehenden Kaimauerwerkes, das unmittelbar nach der Fertigstellung schon dem Meerwasser ausgesetzt war.

Bei dem Bau des in monolithischer Konstruktion errichteten Dammes im Fischerhafen zu Scheveningen und bei der Herstellung der für die Dünenbauten ebendort verwendeten Gründungsblöcke ist der Beton in gleichem Mischungsverhältnisse aufbereitet worden. Trotzdem ist der Erhaltungszustand beider Bauwerke verschieden: Während die im erhärteten Zustande versenkten Blöcke durchaus

Digitized by Google

unbeschädigt sind, weist der Beton des monolithischen Hafendammes zurzeit bereits Spuren der Zersetzung auf.

Um hinsichtlich der Erhaltung des Eisenbetons im Meerwasser sicherzugehen, ist jedenfalls zu empfehlen, den Beton so lang als möglich an feuchter Luft erhärten zu lassen, bevor man ihn seiner eigentlichen Bestimmung im Bauwerke übergibt.

Soll der Beton schon vom Zeitpunkte seiner Herstellung ab dem Einflusse des Meerwassers ausgesetzt werden, dann müssen zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit des Betons auch fettere Mischungen Anwendung finden.

Der bei der Anarbeitung des Betons übliche Wasserzusatz ist verhältnismäßig gering. Es kommt daher die Menge an Salzen, die in den Beton bei Verwendung von Meerwasser als Anmachwasser eingeführt werden, nicht in Betracht im Vergleich zu der Menge von Salzen, die durch Diffusion in den Beton eindringen, sobald dieser dem Meerwasser mit seinem unveränderlichen Gehalt an gelösten Salzen ausgesetzt wird.

Die Verwendung von Meerwasser zur Aufbereitung des Betons ist daher aller Wahrscheinlichkeit nach nur sehr wenig schädlich.

Je mehr die Diffusion des salzgesättigten Wassers erschwert wird, desto weniger leidet der Beton. Bei Meeresbauten soll daher der Beton möglichst dicht sein. Gleichzeitig ist aber auch empfehlenswert, nur solchen Zement zu verwenden, dessen Beschaffenheit an sich schon eine geringe Schädigung durch das Meerwasser verbürgt.

Die Qualität des für Meeresbauten verwendeten Zementes ist von größter Wichtigkeit, namentlich wenn der Erhärtungsvorgang sich sehr regelmäßig abspielen soll. Man wird als hydraulisches Bindemittel nur langsam bindenden Portlandzement verwenden, dessen Rohstoffe sich in möglichst inniger Mischung befanden.

Ich werde keine Beschreibung der verschiedenen Methoden der Zementprüfung geben, die uns als Wertmesser für die Güte des Erzeugnisses dienen sollen, ich möchte bloß hervorheben, daß es insbesondere die Zugfestigkeitsproben und weiters die Heißwasser- und Dampfproben auf Volumenbeständigkeit sind, welche einen guten Anhaltspunkt für die Güte des Zementes abgeben.

Am leichtesten werden die weniger stabilen Verbindungen des Zementes vom Meerwasser angegriffen. Wenn man dem Zemente kieselsäurehaltige Stoffe, wie Traß oder Puzzolane,

Digitized by Google

beimengt, geht ein Teil des Kalkes Verbindungen mit Silikaten ein; die anderen vorerwähnten Verbindungen werden dadurch stabiler und der Einfluß des Meerwassers wird dann weniger zu fürchten sein. Da nun dieser Prozeß immerhin recht langwierig ist, wird die gute Wirkung des Trasses viel augenscheinlicher sein, wenn der Beton vorher an feuchter Luft erhärten konnte.

Überdies wird der Mörtel durch einen Zusatz von feinmehligem Traß dichter und fester.

Die Versuche der deutschen Kommission sind, was die Verwendung von Traß anlangt, von allergrößter Wichtigkeit. Es ist jedoch sehr bedauerlich, daß man nicht größere Zusätze erprobt und auch Mischungen mit und ohne Zusatz von Traß versucht und verglichen hat. Bei all diesen Proben ist ein Teil des Zementes durch Traß ersetzt worden, wodurch man dann Betongattungen mit ungleichem Gehalt an Zement, diesem als Hydraulefaktor allein in Betracht kommenden Bestandteil, verglichen hat.

So wurde beispielsweise Beton von der Zusammensetzung: 1 Teil Zement, 2 Teile Sand verglichen mit Beton aus 1 Teil Zement, 1 Teil Traß, 4 Teilen Sand. Es ist demnach in dem einen Fall 1 Teil Zement auf 2·07 Teile Mörtel entfallen und das andere Mal auf 4·07 Teile Mörtel. Ich glaube, daß ein Vergleich solcher Mischungen nicht ganz richtig ist. Die Schlußfolgerungen der deutschen Forscherarbeit sprechen sich nichtsdestoweniger im allgemeinen zu Gunsten der Verwendung des Traß aus.

Wenn man aber Betongattungen miteinander vergleicht, deren Zementgehalt für je 1 m^3 Mörtel nahezu gleich ist wie etwa bei den Mischungen 1 Teil Zement, 4 Teile Sand; 1 Teil Zement, $^2/_3$ Teile Traß, $3^2/_3$ Teile Sand und endlich 1 Teil Zement, 1 Teil Traß, 4 Teile Sand (die gleiche Menge an Zement entfällt hier auf 3·38 m^3, 3·40 m^3 und 4·07 m^3 Mörtel), so ist die durch den Traßzusatz bedingte Erhöhung der Festigkeit ganz augenscheinlich.

Die Zugprobekörper haben einen Bruchquerschnitt von bloß 5 cm^2. Der Einfluß des Meerwassers auf die Oberfläche der Probekörper kommt in den Versuchsergebnissen sehr bald zum Ausdruck. Das Schaubild zeigt uns, daß die Zugfestigkeit nur des aus einem T. Zement, $^2/_3$ T. Traß und $3^1/_3$ T. Sand zusammengesetzten Mörtels, namentlich in dem Zeitraume vom ersten bis zum fünften

Digitized by Google

Jahre nach der Herstellung sich nicht verringert. Die Probekörper hatten im feuchten Sande etwa neun Tage erhärten können, bevor sie der Einwirkung des Meerwassers ausgesetzt wurden.

Dieses Ergebnis ist sehr ermutigend und scheint die Ansicht zu bekräftigen, daß man mit dem vorgenannten Mischungsverhältnisse jene Zusammensetzung getroffen hat, bei welcher der Mörtel von Meerwasser nicht mehr allzusehr angegriffen wird.

Ergebnisse einiger Versuche der deutschen Kommission.

Legende.

Ergebnisse von Zugversuchen mit Mörtel und von Druckversuchen mit Beton; die Festigkeitsweite ausgedrückt in Kilogramm pro Quadratzentimeter; der Zement kalkreich, die Probekörper der Einwirkung des Meerwassers ausgesetzt nach vorangegangener neuntägiger Erhärtung unter feuchtem Sand.

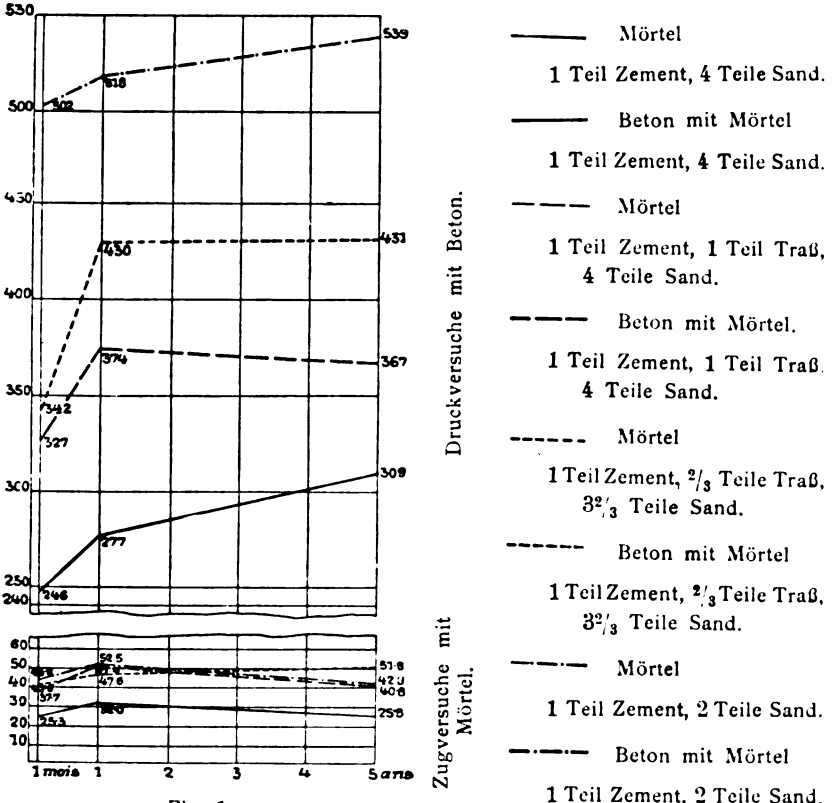


Fig. 1.

Digitized by Google

Da der Beton für Meeresbauten ganz besonders dicht sein soll, muß die Mörtelmenge so groß sein, daß sie die Hohlräume des Kieszuschlages auszufüllen vermag.

Falls die Armatur sehr vielgestaltig ist, wird eine Verringerung des Kieszuschlages zu empfehlen sein, um sicher zu gehen, daß das Eisen und die Kieskörner von Mörtel allseits gut umgeben sind.

Kies, bzw. Schotterzuschläge von einer Korngröße von mehr als 2 cm sollen bei Eisenbeton keine Anwendung finden, außer das Eisen liegt in einer genügend großen Entfernung von der Betonoberfläche.

Überall, wo die Abmessungen (Korngröße) der Baumaterialien sich verringern, soll deren Gleichmäßigkeit eine größere sein. Das gilt auch für den Eisenbeton, namentlich dann, wenn er dem Einfluß des Meerwassers zu widerstehen hat.

Die innige Vermischung der Zuschlagmaterialien mit dem Bindemittel hat mit der größtmöglichen Sorgfalt zu geschehen, ebenso wie die eigentliche Betonierungsarbeit selbst. Die Schalungen sollen so kräftig bemessen sein, daß sie während der Stampfarbeit ihre Form nicht verändern. Überdies sind die Schalungsformen ihren Abmessungen nach sehr genau anzuarbeiten und auch möglichst dicht zu gestalten.

Bei unrichtiger Zusammensetzung des Betons kann ihn das Meerwasser stellenweise leicht angreifen und dann die Einlageeisen erreichen; ebenso kann durch eine schlecht gestampfte Schichte etc. Meerwasser in die Mitte der Konstruktion eindringen und die Wellen finden dann für ihre machanische Zerstörungseinwirkung eine kräftige Unterstützung.

Je besser der Beton gestampft ist, desto weniger porös ist er. Es wird daher zu empfehlen sein, dem Beton bei der Aufbereitung keine zu große Menge Wassers zuzusetzen. Nichtsdestoweniger muß aber der Beton auch plastisch sein, damit die Einlageeisen und die Kies-, bzw. Schotterkörner vom Mörtel genügend satt umhüllt sind. Die Menge des Zusatzwassers hängt von der Art der Konstruktion ab.

Falls sich an den Innenseiten der Konstruktion irgendwelche schadhafte Stellen zeigen, wird man nach Entfernen der Schalung vorteilhaft eine sehr dünne Mörtelschichte derselben Zusammensetzung, wie sie der Beton besitzt, aufbringen. Dabei wird Sorge zu tragen sein, daß der Beton feucht ist und der Mörtel so flüssig,

Digitized by Google

daß er mit dem Pinsel aufgetragen werden kann. Bei Beobachtung dieses Vorganges vereinigt sich die später aufgetragene Schichte vollkommen mit dem Beton und macht ihn überdies undurchlässiger.

Während der Erhärtung des Betons an der Luft ist darauf zu achten, daß der Beton feucht gehalten werde. Der Zement braucht Wasser, um die mit der Erhärtung zusammenhängenden chemischen Vorgänge sich vollziehen zu lassen.

Die so lange andauernde Erhärtung des Betons enthält zweifellos noch manche Geheimnisse. Die Wissenschaft ist noch nicht genügend fortgeschritten, um uns unbedingt versichern zu können, daß ein Beton von entsprechender Zusammensetzung, bei sorgfältiger Aufbereitung und in einer guten Schalungsform gestampft von Meerwasser in nennenswertem Grade niemals angegriffen wird. Die Praxis indes gibt uns eine Reihe von Beispielen an die Hand, aus denen wir rückschließend den Weg der Zukunft ersehen können, zumindest den für unsere Regionen passenden Weg. Jedenfalls haben wir eine genügende Sicherheit erlangt bezüglich der Anwendung von Eisenbeton für Meeresbauten, die ja auch nur Menschenarbeit sind und nicht berechnet für die Ewigkeit.

Zusammenfassung.

Um nun meine Meinung zum Schlusse zusammenzufassen, möchte ich sagen: In unseren Regionen bietet der Eisenbeton für Meeresbauten hinreichende Sicherheit, es sind aber dabei unbedingt die nachfolgenden Regeln zu beachten:

1. Man verwende bloß künstlichen Zement und zwar langsam bindenden Portlandzement von durchaus ausgezeichneter Beschaffenheit. Die Erhärtung muß eine sehr gleichmäßige sein.

2. Die Aufbereitung der Rohstoffe ebenso wie das Stampfen des Betons in den Schalungsformen, welche dicht und stark sein müssen, geschehe mit möglichst großer Sorgfalt.

3. Die Anwendung von Traß (oder von Puzzolanen) ist vorzuziehen.

4. Der Beton muß dicht sein und das Mischungsverhältnis des Mörtels darf nicht magerer gewählt werden, als 1 Teil Zement, $^1/_2$ Teil Traß und 3 Teile Sand oder 1 Teil Zement und $1^1/_2$ Teile Sand.

5. Falls der Beton an feuchter Luft abbinden kann, bevor er an Ort und Stelle gebracht wird, vergrößert dies entschieden

Digitized by Google

Dank dem Entgegenkommen meiner Kollegen war ich in der Lage, die verschiedenen Mischungsverhältnisse von Zement, Traß und Sand, wie sie bei uns für Meeresbauten angewendet werden, zusammenzustellen und da ergibt sich nun, daß diejenigen Betongattungen, bei welchen das Mischungsverhältnis ein geringeres ist als wie jenes von 1 Teil Zement, $^1/_2$ Teil Traß und 3 Teilen Sand im Meerwasser sich nicht bewährt haben. Hingegen befand sich Beton von dem soeben genannten Mischungsverhältnis in vollkommen gutem Zustande, sobald er nur vor seiner Verwendung an Ort und Stelle an feuchter Luft erhärtet war. (So ist z. B. an den in Scheveningen durch zehn Jahre der Einwirkung des Meerwassers ausgesetzt gewesenen Blöcke der Hafendämme keine Spur von Zersetzung zu sehen.) Dieses Ergebnis zeigt eine bemerkenswerte Übereinstimmung mit den Ergebnissen der deutschen Versuche.

Das Mischungsverhältnis 1 Teil Zement, $^1/_2$ Teil Traß und 3 Teile Sand kann jedoch Fehlresultate ergeben, sobald ein derartig zusammengesetzter Beton unmittelbar nach seiner Herstellung der Infiltration des Meerwassers ausgesetzt wird. (Die in Scheveningen in monolithischer Konstruktion ausgeführten Hafendämme sind dafür ein Beispiel. In einem solchen Falle ist eine reichere Mischung anzuempfehlen, zum mindesten 1 Teil Zement, $^1/_2$ Teil Traß und $2^1/_2$ Teile Sand. Es ist nur sehr bedauerlich, daß Beton dieser Zusammensetzung nicht mit den Versuchen der deutschen Kommission in Vergleich gezogen werden kann.

Verwendet man keinen Traßzusatz, so soll ein viel reicheres Mischungsverhältnis vorgeschrieben werden. Die Ergebnisse der deutschen Versuche, die sich im übrigen auf Zugversuche beschränken, zeigen, daß die Zugfestigkeit eines Mörtels von 1 Teil Zement und 2 Teilen Sand sich innerhalb 5 Jahren allmählich verringert. Es steht also zu befürchten, daß diese Mörtelzusammensetzung für Meerwasser nicht genügt, und daß eine Mischung von etwa 1 Teil Zement und $1^1/_2$ Teilen Sand erforderlich ist.

Zur Konstruktion der Hafendämme und der Wellenbrecher im Hafen von Ymuiden war die Zusammensetzung des Betons 1 Teil Zement, 3 Teile Sand und 5 Teile Schotter. Mit diesem Beton hat man keine besonders befriedigenden Ergebnisse erzielt. Hier haben aber jedenfalls die mechanischen Kräfte, welche die bei stürmischem Wetter aus ihren Lagen gebrachten Blöcke der Wellenbrecher selbst auslösen, neben dem eigentlichen Einflusse

Digitized by Google

des Meerwassers mitgewirkt. Das Mischungsverhältnis, das bei Erhaltungsarbeiten für die Betonblöcke, und zwar bis zum Jahre 1905, Anwendung fand, war 1 Teil Zement, $1^1/_2$ Teile Sand, 3 Teile Schotter; die Ergebnisse waren recht befriedigend. Später hat man dann Zementtraßbeton verwendet in einer Zusammensetzung von 1 Teil Zement, $^1/_3$ Teil Traß, 2 Teilen Sand und $3^2/_3$ Teilen Schotter.

Was nun die Menge des Traß anbetrifft, die man zusetzen soll, so glaube ich, $^1/_2$ Teil Traß für 1 Teil Zement empfehlen zu können. Die Anwendung von gleichen Teilen Zement und Traß scheint mir, obgleich ich hiefür keine Erklärung geben kann, weniger befriedigende Resultate zu verbürgen. Der Zusatz einer geringeren Menge von Traß dürfte die Sicherheit deshalb erhöhen, weil der Zement im andern Falle nicht in allen seinen Teilen genügend innig mit dem Traß vermengt ist.

Der dem Zement beigegebene Traß verleiht aber nicht nur eine größere Sicherheit gegen die Einwirkung des Meerwassers, er verringert gleichzeitig auch die Gestehungskosten. Wenn ich in diesen Belangen Mörtel von der Zusammensetzung 1 Teil Zement und $1^1/_2$ Teile Traß vergleiche mit Mörtel aus 1 Teil Zement, $^1/_2$ Teil Sand und 3 Teilen Sand, die ja beide für Meeresbauten empfehlenswert sind, so stellen sich die Preise für diese Betongattungen bei uns, und zwar für 1 m^3 fertigen Mörtel, auf fl. 17 und fl. 12 (28·7 u. 20·3 M.) Daraus ergibt sich wohl eine hinreichende Ersparnis bei der Anwendung von Zementtraßmörtel.

Da der Traß mit dem Kalk des Zementes Verbindungen eingeht, ist es von größter Wichtigkeit, daß die Mischung dieser zwei Materialien sehr innig sei; sie soll noch vor dem Zusetzen des Sandes vollzogen werden.

Die Natur des Sandes hat auf die Qualität des Betons zweifellos einen gewissen Einfluß; indes lassen sich auch mit dem feinen Dünensand vollkommen befriedigende Ergebnisse erzielen. Nur ist die Vermischung dieses feinen Sandes mit dem Zementtraßgemenge ein wenig schwieriger als sonst und erfordert daher etwas mehr Arbeit. Die Hohlräume des Sandes müssen durch die Zementtraßmenge ausgefüllt sein, damit der Mörtel ein dichtes Gefüge erhalte. Infolgedessen werden im allgemeinen Sande mit geringen Hohlräumen zu empfehlen sein.

Digitized by Google

Da der Beton für Meeresbauten ganz besonders dicht sein soll, muß die Mörtelmenge so groß sein, daß sie die Hohlräume des Kieszuschlages auszufüllen vermag.

Falls die Armatur sehr vielgestaltig ist, wird eine Verringerung des Kieszuschlages zu empfehlen sein, um sicher zu gehen, daß das Eisen und die Kieskörner von Mörtel allseits gut umgeben sind.

Kies, bzw. Schotterzuschläge von einer Korngröße von mehr als 2 cm sollen bei Eisenbeton keine Anwendung finden, außer das Eisen liegt in einer genügend großen Entfernung von der Betonoberfläche.

Überall, wo die Abmessungen (Korngröße) der Baumaterialien sich verringern, soll deren Gleichmäßigkeit eine größere sein. Das gilt auch für den Eisenbeton, namentlich dann, wenn er dem Einfluß des Meerwassers zu widerstehen hat.

Die innige Vermischung der Zuschlagmaterialien mit dem Bindemittel hat mit der größtmöglichen Sorgfalt zu geschehen, ebenso wie die eigentliche Betonierungsarbeit selbst. Die Schalungen sollen so kräftig bemessen sein, daß sie während der Stampfarbeit ihre Form nicht verändern. Überdies sind die Schalungsformen ihren Abmessungen nach sehr genau anzuarbeiten und auch möglichst dicht zu gestalten.

Bei unrichtiger Zusammensetzung des Betons kann ihn das Meerwasser stellenweise leicht angreifen und dann die Einlageeisen erreichen; ebenso kann durch eine schlecht gestampfte Schichte etc. Meerwasser in die Mitte der Konstruktion eindringen und die Wellen finden dann für ihre machanische Zerstörungseinwirkung eine kräftige Unterstützung.

Je besser der Beton gestampft ist, desto weniger porös ist er. Es wird daher zu empfehlen sein, dem Beton bei der Aufbereitung keine zu große Menge Wassers zuzusetzen. Nichtsdestoweniger muß aber der Beton auch plastisch sein, damit die Einlageeisen und die Kies-, bzw. Schotterkörner vom Mörtel genügend satt umhüllt sind. Die Menge des Zusatzwassers hängt von der Art der Konstruktion ab.

Falls sich an den Innenseiten der Konstruktion irgendwelche schadhafte Stellen zeigen, wird man nach Entfernen der Schalung vorteilhaft eine sehr dünne Mörtelschichte derselben Zusammensetzung, wie sie der Beton besitzt, aufbringen. Dabei wird Sorge zu tragen sein, daß der Beton feucht ist und der Mörtel so flüssig,

Digitized by Google

daß er mit dem Pinsel aufgetragen werden kann. Bei Beobachtung dieses Vorganges vereinigt sich die später aufgetragene Schichte vollkommen mit dem Beton und macht ihn überdies undurchlässiger.

Während der Erhärtung des Betons an der Luft ist darauf zu achten, daß der Beton feucht gehalten werde. Der Zement braucht Wasser, um die mit der Erhärtung zusammenhängenden chemischen Vorgänge sich vollziehen zu lassen.

Die so lange andauernde Erhärtung des Betons enthält zweifellos noch manche Geheimnisse. Die Wissenschaft ist noch nicht genügend fortgeschritten, um uns unbedingt versichern zu können, daß ein Beton von entsprechender Zusammensetzung, bei sorgfältiger Aufbereitung und in einer guten Schalungsform gestampft von Meerwasser in nennenswertem Grade niemals angegriffen wird. Die Praxis indes gibt uns eine Reihe von Beispielen an die Hand, aus denen wir rückschließend den Weg der Zukunft ersehen können, zumindest den für unsere Regionen passenden Weg. Jedenfalls haben wir eine genügende Sicherheit erlangt bezüglich der Anwendung von Eisenbeton für Meeresbauten, die ja auch nur Menschenarbeit sind und nicht berechnet für die Ewigkeit.

Zusammenfassung.

Um nun meine Meinung zum Schlusse zusammenzufassen, möchte ich sagen: In unseren Regionen bietet der Eisenbeton für Meeresbauten hinreichende Sicherheit, es sind aber dabei unbedingt die nachfolgenden Regeln zu beachten:

1. Man verwende bloß künstlichen Zement und zwar langsam bindenden Portlandzement von durchaus ausgezeichneter Beschaffenheit. Die Erhärtung muß eine sehr gleichmäßige sein.

2. Die Aufbereitung der Rohstoffe ebenso wie das Stampfen des Betons in den Schalungsformen, welche dicht und stark sein müssen, geschehe mit möglichst großer Sorgfalt.

3. Die Anwendung von Traß (oder von Puzzolanen) ist vorzuziehen.

4. Der Beton muß dicht sein und das Mischungsverhältnis des Mörtels darf nicht magerer gewählt werden, als 1 Teil Zement, $^1/_2$ Teil Traß und 3 Teile Sand oder 1 Teil Zement und $1^1/_2$ Teile Sand.

5. Falls der Beton an feuchter Luft abbinden kann, bevor er an Ort und Stelle gebracht wird, vergrößert dies entschieden

Digitized by Google

seine Widerstandsfähigkeit gegen den Angriff des Meerwassers und es ist dieser Vorgang, wenn irgend möglich, zu empfehlen. Wird aber der Beton der Einwirkung des Meerwassers unmittelbar nach seiner Herstellung ausgesetzt, so ist ein fetteres Mischungsverhältnis zu wählen.

Ich kann also meinen Bericht kurz folgendermaßen zusammenfassen:

Die Beobachtungen haben meiner Meinung nach gezeigt, daß eine entsprechende Mischung, sehr sorgfältige Herstellung, die Verarbeitung eines sehr guten Zementes mit Zusatz von Traß (Puzzolanen) und die vorangehende Erhärtung an feuchter Luft die wirksamsten Mittel sind, um eine hinreichend sichere Erhaltung des armierten Betons bei Meeresbauten zu gewährleisten.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XVII4

ANTRAG AUF FESTSETZUNG EINES EINHEITLICHEN SO_3-GEHALTES IM PORTLANDZEMENT.

Vom **Verein Deutscher Portlandzement-Fabrikanten** in Kalkberge (Mark).

Portlandzement enthält bekanntlich geringe Mengen schwefelsaure Salze, die teils aus den Rohmaterialien und der Kohle stammen, teils dem gebrannten Zement beim Mahlen als Rohgips (wasserhaltiger, schwefelsaurer Kalk) zur Regulierung der Bindezeit zugesetzt werden. Die Gesamtmenge der schwefelsauren Salze in einem Zement wird allgemein durch den Gehalt an Schwefelsäureanhydrid (SO_3) angegeben.

Diese geringen Mengen von SO_3, die in einem normalen Portlandzement vorkommen, sind bei der Verwendung in der Praxis vollkommen unschädlich, erst wenn sie ein bestimmtes Maß überschreiten, tritt bei Wasserlagerung ein nachträgliches, unter Umständen gefährliches Dehnen in dem erhärteten Zement ein durch Bildung von Kalktonerdesulfat. Dieses bildet sich bei Anwesenheit geringer Mengen von SO_3 auch, trägt aber dann durch Verdichtung des Mörtels zur Erhöhung seiner Festigkeit bei.

In Deutschland wurde bei der Neuaufstellung der „Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement" auf Grund ausgedehnter Versuche die zulässige Höchstgrenze des SO_3-Gehaltes auf 2·5% festgesetzt.

Von anderen Ländern sind nachstehende Höchstgehalte vorgeschrieben:

England	2·75% SO_3
Österreich	2·50% „
Canada	2·00% „
Nordamerika, Vereinigte Staaten . . .	1·75% „
Rußland	1·75% „

Digitized by Google

Nachfolgende Länder geben nach der Verwendung der Zemente im Süß- oder Seewasser verschiedene Vorschriften:

	Süßwasser	Seewasser
Frankreich	3·0%	1·5% SO_3
Brasilien	3·0%	1·5% „
Japan	2·0%	1·5% „
Argentinien	2·4%	1·2% „

Es ist aber kein Grund dafür vorhanden, daß der für das Süßwasser vorgeschriebene SO_3-Gehalt bei Erhärtung im Seewasser eine andere Wirkung haben sollte. Bei Erhärtung im Süßwasser bedingt ein wenig über 2% hinausgehender SO_3-Gehalt eine ganz minimale Ausdehnung durch Bildung von Kalktonerdesulfat, beim Erhärten im Seewasser findet der gleiche Vorgang statt. Diese minimale Ausdehnung kann keinesfalls nachteilig wirken. Wenn aber das Seewasser mit seinem Gehalt an schwefelsaurer Magnesia dauernd in den Mörtel eindringen kann, was vor allem bei nicht dichtem Mörtel der Fall ist, so tritt ein Angriff auf den Zement ein. Nach Ansicht verschiedener Forscher setzt sich das Magnesiasulfat des Meerwasser mit dem Kalk des Zementes zu schwefelsaurem Kalk und Magnesiumhydroxyd um. Letzteres lagert sich in den Poren des Mörtels ab, während der schwefelsaure Kalk mit der Tonerde des Zements unter Aufnahme einer großen Menge von Kristallwasser Kalktonerdesulfat bildet. Die dadurch hervorgerufene bedeutende Raumvermehrung kann bei ständiger Einwirkung des Seewassers Zerstörung des Mörtels herbeiführen. Es ist also nicht der geringe Gehalt von SO_3 im Zement, welcher bei der Zerstörung eine Rolle spielt, sondern die schwefelsaure Magnesia, welche kontinuierlich aus dem Meerwasser in den nicht dichten Zementmörtel eindringt. Hierauf ist von dem Verein Deutscher Portlandzement-Fabrikanten stets hingewiesen worden, und auch der verstorbene Professor Dr. W. Michaëlis hat dies auf der letzten Hauptversammlung dieses Vereines noch besonders hervorgehoben.

Von anderen eventuell zerstörend wirkenden Ursachen des Seewassers sehen wir hier ab, da wir in unseren Ausführungen nur die Wirkung der Schwefelsäure besprechen wollen. Nur möchten wir an dieser Stelle nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, daß man bei Seewasserbauten, wie schon oft und von verschiedener Seite betont wurde, möglichst dichte Mörtel verwenden soll, die ein Eindringen des Seewassers in das Bauwerk verhindern und so den chemischen und mechanischen Einflüssen am besten Widerstand leisten.

Digitized by Google

Um nun einwandfrei festzustellen, daß ein Gehalt von 2·5% SO_3, wie ihn die deutschen Normen zulassen, auch für Bauten im Seewasser absolut unbedenklich ist, hat der Verein Deutscher Portlandzement-Fabrikanten, besonders veranlaßt durch die Vorschriften von Argentinien, welche früher einen Höchstgehalt von 1% SO_3, neuerdings von 1·2% im Zement für Seewasserbauten vorschrieben, im Jahre 1907 bei dem Königlichen Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde beantragt, auf der Insel Sylt (Nordsee) Versuche in dieser Hinsicht anzustellen, welche sich auf eine Beobachtungsdauer von 10 Jahren erstrecken.

Zur Verwendung gelangten hierbei ein Portlandzement S mit 1·19% SO_3, wie er für alle Zwecke, auch für Seebauten, verarbeitet wird, und ein anderer Portlandzement B, welcher nur 0·57% SO_3, also sehr wenig Schwefelsäureanhydrid enthielt. Letzterer wird deshalb speziell für Seewasserbauten in Frankreich, z. B. im Hafen von Boulogne und namentlich in Argentinien bevorzugt. Er wurde dem Königlichen Materialprüfungsamt von der betreffenden Fabrik geliefert.

Der Zement S hatte bei der Normenprobe nach 28 Tagen Wassererhärtung 399 kg/qcm und Zement B 169 kg/qcm Druckfestigkeit. Die geringe Normenfestigkeit von Zement B hat wohl ihre Ursache in seiner außerordentlich groben Mahlung (36% Rückstand auf 5000 Maschen).

Aus den Zementen S und B im Anlieferungszustand und nach Anreicherung ihres SO_3-Gehaltes auf 2·5% durch entsprechenden Zusatz von Rohgips wurden zu obigen Versuchen folgende Proben angefertigt:

1. Druckproben (7 cm-Würfel) in der Mischung 1 : 2 und 1 : 4 gemischter Sand von Sylt für Erhärtung im Seewasser, Süßwasser und an der Luft im Freien. Dauer der Erhärtung: 28 Tage, 1 Jahr, 5 und 10 Jahre.

2. Quader von etwa $^3/_4$ cbm Rauminhalt, in der Mischung 1 Zement : 2 Sand : 3 Steinschlag. Diese wurden nach 6 Monaten Lufterhärtung in die Buhnen versenkt, wo sie der chemischen Einwirkung und dem vollen Wellenschlag der Nordsee ausgesetzt sind.

3. Platten. 50×50×8 cm, in der Mischung 1 : 2 und 1 : 4, die zur Hälfte nach 4 Wochen, zur Hälfte nach 6 Monaten Lufterhärtung auf dem Hafendamm zu Munkmarsch verlegt wurden und so bei dem täglich zweimaligen Wechsel von Ebbe und Flut

Digitized by Google

einer intensiven Wirkung des Meerwassers und der Witterung ausgesetzt sind.

Nachstehend seien kurz die bis jetzt vorliegenden Ergebnisse dieser Versuche besprochen:

1. Bei Betrachtung der Festigkeitszahlen nach einjähriger Erhärtung (siehe Tabelle I) ergibt sich, daß bei allen Mörteln die Festigkeit im Seewasser geringer ist als im Süßwasser und im Freien, und zwar zeigt der Zement B trotz seines geringeren Schwefelsäuregehaltes im Seewasser ein ungünstigeres Verhalten als Zement S. Der durch Gipszusatz auf 2·5% erhöhte Schwefelsäuregehalt bewirkt bei beiden Zementen eine Festigkeitssteigerung, sowohl im Süß-

Tabelle I.

Prüfung von zwei Portlandzementen mit verschiedenem Schwefelsäuregehalt bei Erhärtung im Süßwasser, Seewasser und im Freien (ausgeführt durch das Königl. Materialprüfungsamt).

Druckfestigkeiten in kg/qcm (Würfel von 50 cm² Fläche).

Gewichtsteile		1 Zement + 2 Sand			1 Zement + 4 Sand			1 Zement + 2 Sand			1 Zement + 4 Sand		
Lagerung in		Süßwasser	Seewasser	im Freien	Süßwasser	Seewasser	im Freien	Süßwasser	Seewasser	im Freien	Süßwasser	Seewasser	im Freien
Zementsorte		Zement „S" im Anlieferungszustand						Zement „S" durch Rohgipszusatz angereichert auf 2·5% SO_3					
Alter	28 Tage	613	573	649	268	241	291	616	588	730	348	295	388
	1 Jahr	656	620	855	259	251	405	875	716	821	348	236	393
Zementsorte		Zement „B" im Anlieferungszustand						Zement „B" durch Rohgipszusatz angereichert auf 2·5% SO_3					
Alter	28 Tage	257	278	302	109	113	143	288	254	345	112	101	143
	1 Jahr	365	292	441	167	133	250	434	340	598	190	149	307

Normenprobe (1:3; 28 Tage Wasser).

	Zement „S"	Zement „B"
Zugfestigkeit kg/qcm	28·2	20·2
Druckfestigkeit „	399·0	169·0
1 Liter wiegt eingelaufen	1237 gr	1414 gr
Rückstand auf dem 5000 Maschensieb	15·1%	36·2%
„ „ „ 900 „	2·0%	7·8%

Digitized by Google

wie im Seewasser, mit Ausnahme des Mörtels 1 : 4 von Zement S, der im Seewasser eine geringe Abnahme zeigte, deren Richtigkeit durch die späteren Erhärtungstermine erst noch festzustellen sein wird.

Aus den Ergebnissen der Festigkeitsprüfungen nach 1 Jahr Erhärtung folgt, daß ein Gehalt selbst bis zu 2·5% Schwefelsäureanhydrid im Zement keinen schädlichen Einfluß bei der Erhärtung im Seewasser ausübt.

2. Die Betonquader aus dem Zement B zeigten im Herbst 1909 nach $1^1/_4$jähriger Erhärtung im Seewasser schon eine solche Abnutzung, daß der Granitschotter bloßgelegt war. Die Blöcke aus demselben Zement mit auf 2·5% erhöhtem SO_3-Gehalt waren etwas besser. Dagegen waren sämtliche Quader aus dem Zement S vollständig gut erhalten. Im allgemeinen wurde dieser Befund bei einer im Jahre darauf vorgenommenen zweiten Besichtigung bestätigt und damit festgestellt, daß gerade Zement B, welcher sich für Seewasserbauten besonders gut eignen sollte, sich bedeutend schlechter gehalten hat als der schwefelsäurereichere Zement S.

3. Dieselbe Schlußfolgerung ergab sich auch aus den gleichzeitig vorgenommenen Besichtigungen der auf den Hafenmolen in Munkmarsch verlegten Platten. Die Platten in der Mischung 1 : 2 und 1 : 4 aus Zement B zeigten schon nach der ersten Besichtigung konzentrische Risse und verschiedene waren in der Mitte aufgeplatzt. Die Parallelproben aus Zement S waren dagegen tadellos erhalten. Die Besichtigung im Herbste 1910 lieferte ein ähnliches Ergebnis, jedoch war in der Zwischenzeit die Entfernung der zu stark beschädigten Platten aus Zement B notwendig geworden, während alle Platten des Zements S noch vollkommen unbeschädigt waren. Es sei noch darauf hingewiesen, daß die Platten aus dem Zement B mit auf 2·5% erhöhtem SO_3-Gehalt weniger starke Rißbildungen hatten, als jene aus demselben Zement im Anlieferungszustande, also mit nur 0·57% SO_3.

Von den etwa 3 Jahre der Einwirkung des Seewassers ausgesetzt gewesenen Platten der 4 Zemente wurde je eine von jedem Mischungsverhältnis und von jedem Zement ohne und mit Gipszusatz durch das Laboratorium des Vereins Deutscher Portlandzement-Fabrikanten in Karlshorst der chemischen Analyse unterzogen, und zwar wurden Schale (1 cm dick) und Kern jeder Platte für sich analysiert. Die Analysenwerte sind in beifolgender Tabelle 2

Digitized by Google

Tabelle II.

Chemische Analysen der im Seewasser auf Sylt gelagerten Betonplatten (ausgeführt durch das Vereinslaboratorium zu Karlshorst).

	Chemische Zusammensetzung der verwendeten Zemente %	Chemische Zusammensetzung des in den Platten enthaltenen Bindemittels				Chemische Zusammensetzung der verwendeten Zemente %	Chemische Zusammensetzung des in den Platten enthaltenen Bindemittels			
		Mischung 1 : 2		Mischung 1 : 4			Mischung 1 : 2		Mischung 1 : 4	
		Schale %	Kern %	Schale %	Kern %		Schale %	Kern %	Schale %	Kern %
	Zement „S“ im Anlieferungszustand					Zement „S“ durch Rohgipszusatz angereichert auf 2·5% SO_3				
SiO_2	23·11	22·64	22·02	21·72	22·48	22·25	21·51	22·18	20·89	22·43
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	7·09	7·67	7·56	7·45	7·38	7·20	7·54	7·40	7·68	7·20
CaO	67·20	65·38	66·67	62·56	66·24	66·81	66·06	66·26	62·56	65·54
MgO	0·81	1·89	1·32	2·83	1·24	0·81	1·04	0·82	2·78	1·00
SO_3	1·19	0·93	0·92	1·39	1·00	2·47	1·81	1·67	2·20	1·80
Rest	0·60	1·49	1·51	4·05	1·66	0·46	2·04	1·67	3·89	2·03
		Äußere Beschaffenheit: Rißfrei.					Äußere Beschaffenheit: Rißfrei.			
	Zement „B“ im Anlieferungszustand					Zement „B“ durch Rohgipszusatz angereichert auf 2·5% SO_3				
SiO_2	23·43	24·04	22·16	20·14	22·57	22·39	22·06	22·90	21·73	21·70
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	9·79	10·90	10·19	9·67	9·99	9·78	9·85	9·74	10·15	9·72
CaO	63·90	50·49	58·34	52·16	60·55	63·24	62·25	63·48	60·08	59·73
MgO	1·08	10·49	4·68	10·80	1·18	0·96	2·00	1·11	3·95	1·00
SO_3	0·57	2·74	1·36	2·12	4·69	2·43	1·60	1·65	2·01	2·75
Rest	1·23	1·34	3·27	5·11	1·02	1·20	2·24	1·12	2·08	5·10
		Äußere Beschaffenheit: Sehr starke Rißbildungen.					Äußere Beschaffenheit: Starke Rißbildungen.			

Digitized by Google

(umgerechnet auf das im Mörtel enthaltenene Bindemittel) zusammengestellt. Bei Zement S im Anlieferungszustande und auf 2·5% SO_3 angereichert, sind im allgemeinen keine Änderungen in der chemischen Zusammensetzung der Platten zu finden; nur die Mörtel 1 : 2 und 1 : 4 aus diesem Zement mit 2·5% SO_3-Gehalt zeigen eine Abnahme des SO_3-Gehaltes in Schale und Kern. Ferner hat der Kalkgehalt in der Schale der Mörtel 1 : 4 (ohne und mit Gipszusatz) etwas abgenommen und der Magnesiagehalt sich erhöht.

Die Mörtel 1 : 2 und 1 : 4 von Zement B im Anlieferungszustande zeigen besonders in der Schale starke Abnahme an Kalk, enorme Zunahme der Magnesia (bis 10·8%) und im Gegensatz zu Zement S starke Anreicherung des SO_3-Gehaltes. Bei Zement B mit 2·5% SO_3 ist trotz der Erhöhung des SO_3-Gehaltes ein günstigeres Verhalten zu konstatieren, als bei dem Zement B im Anlieferungszustand, da die Analysen der Platten eine bedeutend geringere Verschiebung der chemischen Zusammensetzung des Bindemittels ergaben, als bei unveränderten Zement. Der Schwefelsäureanhydridgehalt zeigt eine ganz ähnliche Abnahme, wie bei den entsprechenden Platten von Zement S.

Aus der chemischen Untersuchung der Platten geht hervor, daß der Zement S sich im Meerwasser gleichmäßig günstig verhielt, gleichgültig, ob er mit seinem natürlichen SO_3-Gehalt oder mit einem erhöhten SO_3-Gehalt geprüft wurde.

Der Zement B im Anlieferungszustande zeigte die stärksten Veränderungen, besser verhielt sich dieser Zement auf 2·5% SO_3 angereichert, trotzdem er sich angereichert nach Ansicht der Länder, welche für Seebauten einen geringeren SO_3-Gehalt vorschreiben, im Seewaseer schlechter verhalten sollte.

Zusammenfassung der Resultate.

1. Die Festigkeitsprüfungen zeigten, daß ein Gehalt von 2·5% SO_3 (Schwefelsäureanhydrid) im Portlandzement beim Erhärten im Seewasser durchaus unschädlich ist.

2. Der Befund der in der Nordsee lagernden großen Quader und der Platten im Wattenmeer ergab, daß der schwefelsäurereichere Zement mit 1·19% SO_3-Gehalt und auch auf 2·5% SO_3-Gehalt angereichert, sich gut bewährte, während der schwefelsäurearme, speziell für Seewasserbauten gelieferte Zement mit 0·57% SO_3

Digitized by Google

sich schlecht verhielt und auf 2·5% SO_3 angereichert sogar Verbesserungen aufwies.

3. Durch die chemische Untersuchung der Platten wurde beim schwefelsäurereicheren Zement, sowohl im Anlieferungszustande, als auch auf 2·5% SO_3 angereichert, nur geringe chemische Einwirkungen des Seewassers festgestellt. Der schwefelsäurearme Zement zeigte im Anlieferungszustande erhebliche chemische Veränderungen durch das Seewasser, auf 2·5% angereichert, dagegen bedeutend geringere.

Aus diesen Resultaten geht in unzweifelhafter Weise hervor, daß ein SO_3-Gehalt im Portlandzement bis zu 2·5% ebensowenig im Seewasser, wie im Süßwasser irgend wie schädlich wirkt.

Ferner beweisen die guten Erfahrungen, welche überall bei Seebauten mit solchen Portlandzementen gemacht wurden, die einen höheren SO_3-Gehalt hatten, als ihn die Länder mit Spezialvorschriften für Seewasserbauten festsetzen, daß der höhere SO_3-Gehalt dieser Zemente in der Praxis bei sachgemäßer Verwendung keine nachteilige Wirkung hervorgerufen hat.

Der Verein deutscher Portlandzement-Fabrikanten stellt daher, gestützt auf vorstehende Ausführungen, bei dem Internationalen Verband für die Materialprüfungen der Technik den Antrag, nachstehende Resolution dem VI. Kongresse des Internationalen Verbandes in New-York zur Prüfung und Annahme vorlegen zu wollen:

> „Der Kongreß empfiehlt allgemein, in den Lieferungsbedingungen für Portlandzement für alle Verwendungszwecke den zulässigen Höchstgehalt an SO_3 einheitlich, und zwar auf 2·5% festzusetzen."

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XVII5

ÜBER DIE MECHANISCHE FESTIGKEIT UND DAS VERHALTEN IM MEERE VON MÖRTELN AUS GESTOSSENEM SANDE, VERGLICHEN MIT MÖRTELN AUS SEESAND.

Von **M. Gassier,** Marseille.

(Übersetzt von Dipl.-Ing. R. Hauer, Berlin.)

Der Meeressand, der vom Strande zwischen Bandol und St.-Raphaël (Var) stammt, ist während langer Zeit für die Arbeiten am Hafen von Marseille allein zugelassen worden. Die Mörtel, die mit diesem Sande hergestellt wurden, haben im allgemeinen hinsichtlich ihrer Haltung im Meere ausgezeichnete Ergebnisse geliefert. Da aber die Beschränkungen, die man der Ausbeutung des Sandes längs des obengenannten Strandes auferlegt hat, seinen Preis merklich erhöht haben, hat man seine Zuflucht zu künstlichem Sande nehmen müssen, der durch Zerkleinerung von Blöcken aus Steinbrüchen gewonnen wurde.

Bevor aber dieses neue Material bei den Bauten verwendet wurde, hat man Versuche angestellt, um zu erfahren, ob der gestoßene Sand an die Stelle des Meersandes gesetzt werden könne, ohne die Festigkeit und die Lebensdauer der Bauwerke in Frage zu stellen.

Allgemeine Angaben über die Herstellungsverfahren.

Der künstliche Sand wurde erhalten durch Zerkleinern von Steinen mittels Backen- oder Hammerquetschwerken.

Nach dem Zerkleinern wird das Material je nach den Fabrikanten auf verschiedene Weise behandelt. Die einen begnügen

Digitized by Google

sich damit, die gröberen Stücke, die dem Zermalmungsprozeß entgangen sind, abzusondern; die anderen schaffen zunächst die größeren Stücke fort, teilen das Material durch Aussieben auf verschiedenmaschigen Gitterwerken und Siebtüchern aus Metall in einzelne Unterabteilungen und lassen die feinsten Teilchen durch Luftzug entweichen.

Unabhängig von dem durch einfaches Zerkleinern von Steinen erhaltenen Sande hat man gleichfalls, besonders bei der Assanierung der Stadt Marseille, einen Sand verwendet, der in der Weise hergestellt war, daß man in gewissen Verhältnissen einen natürlichen feinen, silizium- und kalkhaltigen Sand mit künstlichem grobkörnigem Sande vermischte.

Untersuchte Sandarten.

Für die Versuche, die den Gegenstand dieses Berichtes bilden, wurden einerseits natürlicher Sand vom Strande von St.-Raphaël (Var), andererseits vier verschiedene künstliche Sandarten verwendet:

Der Sand von St.-Raphaël, der aus dem Zerfall von Urfelsen entsteht, ist siliziumhaltig; die Körner sind regelmäßig gerundet. Der sogenannte „gesiebte" Sand wird erhalten, indem man den natürlichen Sand von den gröbsten Körnern befreit, die er in verhältmäßig geringer Menge enthält; hierzu wird er gesiebt entweder mittels eines Siebes aus Metall mit 7 Maschen pro Quadratzentimeter oder mittels Siebes aus durchlöchertem Blech mit Löchern von 5 mm Durchmesser.

Der künstliche Sand Nr. 1 stammt von einem zerkleinerten, fast reinen Kalkstein. Es ist sogenannter „melierter" Sand, den man erhält, indem man nach dem Zerstampfen die Teile mit mehr als 0·01 m Ausdehnung einfach entfernt.

Der Kalkstein, der zur Herstellung des künstlichen Sandes Nr. 2 benutzt wird, enthält eine wesentliche Menge Ton, der aus den Schichten und Spalten des Steinbruches stammt.

Der künstliche Sand Nr. 3 wurde durch Zerstoßen einer natürlichen Mischung von feinkörnigem, silizium- und kalkhaltigem Sand mit kalkhaltigen Kieselsteinen erhalten. Die natürlichen Sandkörner haben eine abgerundete Form, die Körner dagegen, die aus dem Zerkleinerungsprozeß entstehen, haben eine eckige Gestalt.

Der künstliche Sand Nr. 4 wurde durch Zerkleinern von Trümmern von Porphyrpflaster aus St.-Raphaël (Var) erhalten.

Digitized by Google

Die Zusammensetzung nach der Korngröße ist für alle Sandarten, außer für den künstlichen Sand Nr. 4, bestimmt worden. Es wurden die folgenden Ergebnisse erzielt:

Sand von St.-Raphaël:

Es bleiben auf dem Sieb mit 1 Masche auf 1 cm² . . .	0·0%
Es bleiben auf dem Blech mit Löchern von 5·0 mm . .	1·0%
„ „ „ „ „ „ „ „ 2·0 „ . .	6·5%
„ „ „ „ „ „ „ „ 1·5 „ . .	24·5%
„ „ „ „ „ „ „ „ 1·0 „ . .	41·0%
„ „ „ „ „ „ „ „ 0·5 „ . .	13·0%
Es bleiben auf dem Sieb mit 324 Maschen auf 1 cm² . .	8·5%
„ „ „ „ „ „ 900 „ „ 1 „ . .	4·5%
Durch das Sieb mit 900 Maschen auf 1 cm² gehen hindurch	1·0%
	100·0%

Sand Nr. 1.

Es bleiben auf dem Blech mit Löchern von 5·0 mm . .	47·8%
„ „ „ „ „ „ „ „ 2·0 „ . .	44·1%
„ „ „ „ „ „ „ „ 1·5 „ . .	4·6%
„ „ „ „ „ „ „ „ 1·0 „ . .	2·0%
„ „ „ „ „ „ „ „ 0·5 „ . .	0·8%
Durch das Blech mit Löchern von 0·5 mm gehen hindurch	0·7%
	100·0%

Sand Nr. 2.

Es bleiben auf dem Blech mit Löchern von 5·0 mm . .	54·1%
„ „ „ „ „ „ „ „ 2·0 „ . .	25·9%
„ „ „ „ „ „ „ „ 1·5 „ . .	6·5%
„ „ „ „ „ „ „ „ 1·0 „ . .	3·3%
„ „ „ „ „ „ „ „ 0·5 „ . .	4·3%
Durch das Blech mit Löchern von 0·5 mm gehen hindurch	5·9%
	100·0%

Sand Nr. 3.

Es bleiben auf dem Sieb mit 64 Maschen auf 1 cm² . . .	62%
„ „ „ „ „ „ 144 „ „ 1 „ . . .	5%
Durch das Sieb mit 144 Maschen auf 1 cm² gehen hindurch	33%
	100%

Vorbereitung der Probekörper.

Es wurde eine große Anzahl von Versuchen ausgeführt, um die Ergebnisse, die wir einerseits mit den künstlichen Sandarten, andererseits mit dem Meeressande erzielten, zu vergleichen. Die Tafeln, die dem vorliegenden Berichte beigefügt sind, fassen die hauptsächlichsten Versuche zusammen.

Digitized by Google

Die Mörtel von plastischer Beschaffenheit sind gemischt worden im Verhältnis von 350 kg Kalk, bzw. 500 kg Zement auf einen Kubikmeter trockenen, nicht gehäuften Sand.[1])

Für die Zerreißversuche sind Probekörper verwendet worden in Form einer 8, die in der Mitte einen Querschnitt von 5 qcm hatten. Für die Druckversuche dagegen wurden Probewürfel von 0 05 m Kantenlänge benutzt. Die Probekörper wurden 24 Stunden nach ihrer Herstellung in Becken gelegt, die mit Meerwasser gefüllt waren, das jede fünf Tage erneuert wurde.

Für den Festigkeitskoeffizienten ist das Mittel der Ergebnisse vom Bruche von fünf Probekörpern bei jedem Versuche eingeführt worden.

Untersuchung der Versuchsergebnisse.

Kalkmörtel. — Abgesehen von sehr wenigen Ausnahmen sind alle aus gestoßenem Sande hergestellte Mörtel den Mörteln aus Sand von St.-Raphaël ganz bedeutend überlegen. Bisweilen übertrifft die Festigkeit der Mörtel aus gestoßenem Sande sogar die der Kalkmasse. Nur die Zugfestigkeiten des künstlichen Sandes Nr. 2 sind bisweilen etwas geringer als die des Sandes von St.-Raphaël, nämlich bei den im September 1895 und Juni 1896 hergestellten Serien.

Zementmörtel. — In der Serie Nr. 2 bemerken wir, daß die Festigkeit des künstlichen Sandes Nr. 2 und bisweilen auch die Festigkeit des künstlichen Sandes Nr. 4 in der Regel geringer ist als die des Sandes von St.-Raphaël

In der Serie Nr. 3 macht man dieselbe Beobachtang für den künstlichen Sand Nr. 2, sowohl für Zug als für Druck.

In der Serie Nr. 4 sind für die Zugversuche die Festigkeiten des künstlichen Sandes Nr. 2 den des Sandes von St.-Raphaël überlegen. Eine Ausnahme macht nur der Sand im Alter von vier Jahren. Die Festigkeiten des künstlichen Sandes Nr. 1 nach vier Jahren sind geringer als die des Sandes von St.-Raphaël. Gegen Druck ist der gestoßene Sand stets widerstandsfähiger als der Seesand.

Zusammenfassend darf man aussprechen, daß sowohl gegen Zug als gegen Druck die Festigkeiten des gestoßenen Sandes wesentlich größer sind als die des Sandes von St.-Raphaël. Die

[1]) In Wirklichkeit wurden die Mörtel nach Gewicht gemischt, nachdem man vorher das mittlere Gewicht eines Liters trockenen, nicht gehäuften Sandes bestimmt hatte.

Digitized by Google

Ausnahme, die wir in der vierten Versuchsreihe für den künstlichen Sand Nr. 1 beobachtet haben, hat ohne Zweifel ihren Grund in einem besonderen Umstande, den wir jedoch nicht kennen. Die Ausnahme für den künstlichen Sand Nr. 2 erklärt sich aus dem Vorhandensein ziemlich bedeutender Mengen Ton in diesem Sande.

Versuche über das Verhalten im Meerwasser.

Unabhängig von den Versuchen, über die wir soeben berichtet haben, sind auch Versuche über das Verhalten im Meerwasser angestellt worden, und zwar mit hydraulischen Kalkmörteln und gestoßenem Sande in der Mischung von 350 kg Kalk auf einen Kubikmeter Sand.

Mit diesen Mörteln wurden Würfel hergestellt von 0·20 m × 0·20 m × 0·20 m = 0·008 m³ und Körper von 0·20 m × 0·10 m × 0·10 m = 0·002 m³. Die ersteren sind in ein Becken getaucht worden, das in unmittelbarer Verbindung mit dem Meere stand, und die anderen in Behälter, die mit Meerwasser gefüllt waren, das je nach dem Zeitpunkt alle fünf oder sieben Tage erneuert wurde.

Die Versuchsergebnisse mit Mörteln aus gestoßenem Sande, verglichen mit den Mörteln aus Seesand, die zu gleicher Zeit ausgeführt wurden, sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt worden:

Datum des Versuches	Mörtel aus Seesand		Mörtel aus gestoßenem Sand		Bemerkungen
	Gesamtzahl der Probekörper	Anzahl der zerfallenen Probekörper	Gesamtzahl der Probekörper	Anzahl der zerfallenen Probekörper	
	1. Kalkmörtel in ein Becken versenkt, das in unmittelbarer Verbindung mit dem Meere steht.				
1900—1905	103	0	24	0	
1906—1910	18	0	43	0	
1910—1910	—	—	5	0	
Zusammen .	121	0	72	0	
	2. Kalkmörtel in Behälter versenkt, die mit Meerwasser gefüllt sind, das alle 7 Tage erneuert wird.				
1900—1905	103	4	24	1	
1906—1910	18	—	43	1	
1910—1911	—	—	5	—	
Zusammen .	121	4	72	2	

Digitized by Google

Diese Versuche zeigen, daß, was das Verhalten im Meere anbetrifft, die Mörtel aus gestoßenem Sande ebenso günstig sind wie die Mörtel aus Seesand.

Kalk. 1. Serie: Herstellung am 16., 17. und 18. Juli 1894.
Mischung: 350 kg Kalk auf 1 m³ Sand.

	Zugfestigkeit pro cm²				Druckfestigkeit pro cm²			
	Kalkmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand		Kalkmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand	
			Nr. 1	Nr. 2			Nr. 1	Nr. 2
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
1 Monat	13·5	4·8	10·7	10·0	51·2	24·8	67·2	49·6
2 Monate	18·3	7·9	14·3	14·8	92·8	33·6	85·2	72·8
6 „	21·8	8·9	20·3	19·5	121·6	40·8	95·2	88·0
1 Jahr	24·5	8·9	18·0	18·8	132·8	45·6	76·0	92·8
2 Jahre	24·8	9·9	22·4	22·1	134·4	40·8	85·6	96·8
3 „	21·1	10·1	22·2	23·0	90·0	44 0	64·0	86·0
4 „	23 4	8·8	23·0	24·6	134·0	44·0	80·0	96·0
5 „	21·6	10·4	25·7	27·9	96·0	28·0	76·0	112 0

Kalk. 2. Serie: Herstellung am 28., 29. und 30. August 1894.
Mischung: 350 kg Kalk auf 1 m³ Sand.

	Zugfestigkeit pro cm²				Druckfestigkeit pro cm²			
	Kalkmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand		Kalkmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand	
			Nr. 1	Nr. 2			Nr. 1	Nr. 2
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
1 Monat	9 7	4·3	8·8	7·9	34·4	15 2	43·2	30·4
2 Monate	16·8	6·3	12·9	11·5	63·2	23 2	60·0	45·6
6 „	20·6	9·7	20·5	17·7	92·8	37·6	96·8	69·6
1 Jahr	19·1	9·9	20·8	19·2	114·4	40·8	105·6	66·4
2 Jahre	21·5	10·2	24·9	21·9	142·6	42·0	126·6	97·3
3 „	23·0	7·2	26·0	24·5	116·0	38·6	108·0	73·3
4 „	25·1	9·2	31 0	23·2	132·0	48·0	90·0	88·0
5 „	24·3	9 0	30·0	25 0	148 0	36 0	112·0	84·0
6 „	22·2	9·4	—	22·0	100·0	52·0	116·0	84·0

Digitized by Google

Kalk. 3. Serie: Herstellung am 22., 23. und 24. Juli 1895.

Mischung: 350 kg Kalk auf 1 m³ Sand.

	Zugfestigkeit pro cm²					Druckfestigkeit pro cm²				
	Kalkmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand			Kalkmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand		
			Nr. 1. Der feine Staub ist entfernt	Nr. 2	Nr. 3			Nr. 1. Der feine Staub ist entfernt	Nr. 2	Nr. 3
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
7 Tage	4·2	1·8	3·0	2·6	4·3	24·0	8·8	16·0	21·6	20·8
28 „	12·9	6·0	10·1	6·9	10·6	58·4	23·2	37·6	41·6	44·0
3 Monate	19·4	11·7	16·2	15·9	18·3	140·8	45·6	80·8	80·8	77·6
1 Jahr	24·7	12·4	21·5	17 9	21·0	140·0	48·0	84·8	91·2	88·0
2 Jahre	19·1	12·6	23·7	17·9	22·5	145·3	38 7	80·8	92·0	72·0
3 „	24·4	12·9	29·0	19·8	23·5	145·3	62·0	96·0	84·0	102·0
4 „	26·0	13·1	29·5	23·8	30·2	178·0	50·0	96·0	80·5	92·0
5 „	24·7	12·0	32·5	22·5	21·7	176·0	52·0	96·0	100·0	100 0

Kalk. 4. Serie: Herstellung am 2., 3. und 4. September 1895.

Mischung: 350 kg Kalk auf 1 m³ Sand.

	Zugfestigkeit pro cm²						Druckfestigkeit pro cm²					
	Kalkmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand				Kalkmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand			
			Nr. 1. Der feine Staub ist entfernt	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4			Nr. 1. Der feine Staub ist entfernt	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
7 Tage .	5·7	2·1	2·1	2·7	2·8	2·4	25·6	9·5	13·6	15·2	19·6	16·8
28 „ .	15·9	6·3	9·0	9·6	9·5	9·0	65·2	26·4	36·8	37·6	51·2	41·6
3 Monate	21·1	9·1	15·1	16·3	16·1	14·9	107·6	34·4	49·6	76·8	76·8	62·4
1 Jahr .	23·3	12·3	20·8	16·6	21·7	20·6	148·8	38·0	73·2	88·8	82·4	83·2
2 Jahre .	23·9	13·8	20·7	13·8	22·5	22·3	169·6	50·0	68·8	85·6	103·0	88·0
3 „ .	27·1	10·3	23·8	17·0	23·4	25·6	188·0	70·0	80·0	92·0	100·0	82·0
4 „ .	29·0	13·9	14·7	10·5	24·5	22·0	184·0	48·0	60·0	84·0	100 0	80·0
5 „ .	—	—	25·5	12·8	—	25·3	—	—	60·0	60·0	—	48·0

Digitized by Google

Kalk. 5. Serie: Herstellung am 15., 16. und 17. Juni 1896.

Mischung: 350 kg Kalk auf 1 m³ Sand.

	Zugfestigkeit pro cm²					Druckfestigkeit pro cm²				
	Kalkmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand			Kalkmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand		
			Nr. 1. Der feine Staub ist entfernt	Nr. 2	Nr. 3			Nr. 1. Der feine Staub ist entfernt	Nr. 2	Nr. 3
	kg	kg	kg	kg	kg	Es wurden keine Würfel hergestellt	kg	kg	kg	kg
7 Tage	4·9	0·9	2·4	2·3	2·5		4·8	12·4	10·8	8·4
28 „	12·6	4·6	8·2	7·8	7·9		17·2	32·8	33·6	26·4
3 Monate	22·5	8·8	14·2	11·0	13·0		24·8	56·8	58·4	51·2
1 Jahr	22·4	9·7	18·5	16·2	16·6		36·8	60·8	53·6	64·0
2 Jahre	27·6	8·1	17·5	13·7	19·0		40·0	65·3	69·3	44·0
3 „	27·2	10·1	25·3	16·3	23·5		38·0	68·0	56·0	62·0
4 „	20·7	9·1	21·0	8·9	24·5		44·0	80·0	60·0	88·0
5 „	22·2	12·7	25·2	12·2	19·7		44·0	68·0	72·0	64·0

Zement. 1. Serie: Herstellung am 25., 26. und 27. Juli 1895.

Mischung: 500 kg Zement auf 1 m³ Sand.

	Zugfestigkeit pro cm²					Druckfestigkeit pro cm²				
	Zementmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand			Zementmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand		
			Nr. 1. Der feine Staub ist entfernt	Nr. 2	Nr. 3			Nr. 1. Der feine Staub ist entfernt	Nr. 2	Nr. 3
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
7 Tage	23·9	11·8	16·9	16·9	15·5	171·2	39·2	89·6	79·2	106·4
28 „	38·5	17·3	28·5	23·1	27·4	219·4	38·4	135·2	123·1	140·8
3 Monate	48·3	22·5	36·4	29·9	30·1	252·8	74·2	183·8	148·0	165·6
1 Jahr	45·3	26·2	42·8	36·4	40·0	269·2	76·8	184·0	150·4	197·6
2 Jahre	36·9	26·9	41·7	36·5	44·3	249·6	89·6	220·4	179·2	206·4
3 „	46·4	28·8	45·0	38·4	52·7	228·2	80·8	152·0	192·0	180·0
4 „	46·4	30·7	44·2	47·5	41·0	228·8	80·0	200·0	96·0	200·0
5 „	38·6	32·9	49·8	34·0	49·0	227·3	88·0	180·0	184·0	196·0
6 „	50·2	32·0	46·5	54·6	53·0	227·3	76·0	164·0	156·0	196·0

Digitized by Google

Zement. 2. Serie: Herstellung am 5. und 6. September 1895.
Mischung: 500 kg Zement auf 1 m³ Sand.

	Zugfestigkeit pro cm²						Druckfestigkeit pro cm²					
	Zementmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand				Zementmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand			
			Nr. 1. Der feine Staub ist entfernt	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4			Nr. 1. Der feine Staub ist entfernt	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
7 Tage .	26·5	10·6	14·4	12·8	16·1	12·7	167·2	65 6	68·0	63·2	100·0	85·6
28 „ .	35·3	18·3	24·0	22·6	23·7	23·9	245·4	110·4	139·2	108·0	156·0	124 0
3 Monate	38·8	24·1	33·3	29·1	30·9	34·1	273·6	144·0	156·8	107·2	168·8	129·6
1 Jahr .	46·0	27·9	37·6	20·6	39·6	30·5	230·6	172·8	180·0	115·2	181·6	196·8
2 Jahre .	41·9	30·2	38·9	35·3	39·5	28·0	325·6	184·8	254·8	122·4	199·2	165·6
3 „ .	41·6	40·4	42·7	26·3	47·4	34·3	200·0	184·0	156·0	102·0	190·0	160·0
4 „ .	37·5	31·5	36·0	27·7	40·0	33·6	184·0	124·0	184·0	164·0	206·5	180·0
5 „ .	33·0	31·2	47·0	22·0	57·2	37·8	310·0	176·0	200·0	184·0	219·0	156·0
6 „ .	48·0	36·0	46·5	35·0	44·0	43·5	331·0	176·0	215·0	100·0	200·0	180·0

Zement. 3. Serie: Herstellung am 10. und 13. März 1896.
Mischung: 500 kg Zement auf 1 m³ Sand.

	Zugfestigkeit pro cm²				Druckfestigkeit pro cm²			
	Zementmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand		Zementmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand	
			Nr. 1	Nr. 2			Nr. 1	Nr. 2
	kg	kg	kg	kg	Es wurden keine Würfel hergestellt	kg	kg	kg
7 Tage	20·6	13·0	23·4	15·5		75·2	84·0	96·8
28 „	30·0	20·4	38·0	22·9		97·6	118·4	108·8
3 Monate	41·1	22·5	44·9	30·0		98·4	159·0	142·4
1 Jahr	36·6	34·2	51·4	33·9		125·6	180·0	149·6
2 Jahre	38·1	31·5	60·5	38·5		152·0	162·0	154·0
3 „	34·3	38·0	60·0	50·3		104·0	174·0	132·0
4 „	28·5	32·0	53·0	37·2		100·0	128·0	219·0
5 „	35·5	22·5	60·0	47·2		164·0	194·2	173·5
6 „	34·0	43·8	57·1	39·5		198·0	210·7	190·1

Digitized by Google

Zement. 4. Serie: Herstellung am 23., 24. und 27. Oktober 1896.

Mischung: 500 kg Zement auf 1 m³ Sand.

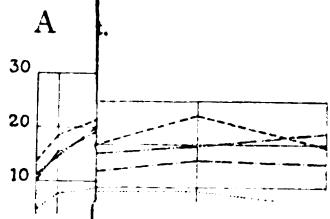
	Zugfestigkeit pro cm²				Druckfestigkeit pro cm²			
	Zementmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand		Zementmasse	Sand von St.-Raphaël, gesiebt	Künstlicher Sand	
			Nr. 1	Nr. 2			Nr. 1	Nr. 2
	kg	kg	kg	kg	Es wurden keine Würfel hergestellt	kg	kg	kg
7 Tage	23·5	11·0	13·6	12·2		52·8	67·2	72·0
28 „	33·5	17·2	20 3	19·0		88 0	113·6	108·8
6 Monate . . .	50·4	26·2	36·5	35·4		104·8	160·8	182·2
1 Jahr	46·0	28·7	38·3	37·2		161·6	182·4	192·0
2 Jahre	42·1	29·3	37·8	40·7		124·0	165·3	185·3
3 „	24·0	31·0	31·9	40·8		128·0	150·0	180·0
4 „	59·8	39·5	34·2	33·0		132·0	160·0	185·9
5 „	53·0	36·5	29 2	41·1		164 0	200·0	172·0
6 „	52·1	36·0	30·0	44·5		160·0	160·0	180·0

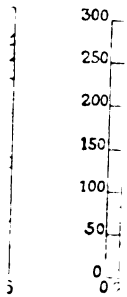
Digitized by Google

Über die meerglichen mit Mörteln

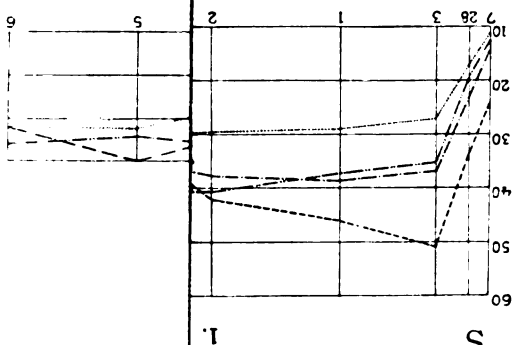
Kün

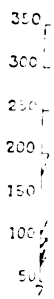
m³ Sand.





THE
JOHN CRERAR
LIBRARY

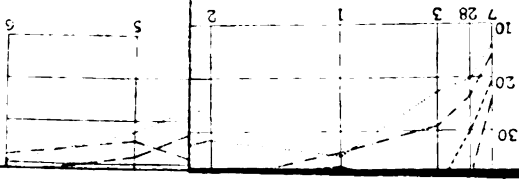




I.

S

4. Serie. —



Digitized by Google

n aus gestoßenem Sande, verglichen mit Mörteln aus Seesand.

MENT.

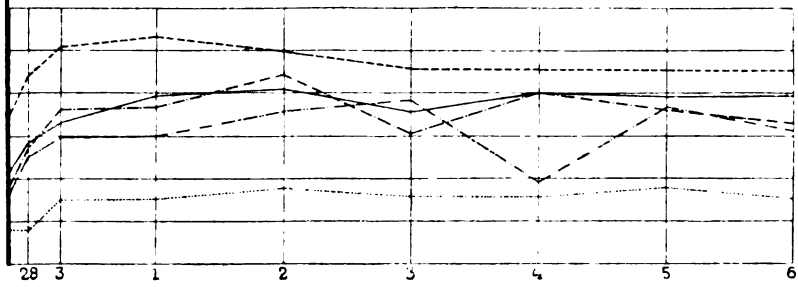
g:

stlicher Sand { Nr. 2 . . — — — — — —
Nr. 3 . . ——————
Nr. 4 . . — — — — — —

— Mischung: 500 kg Zement auf 1 m³ Sand.

N

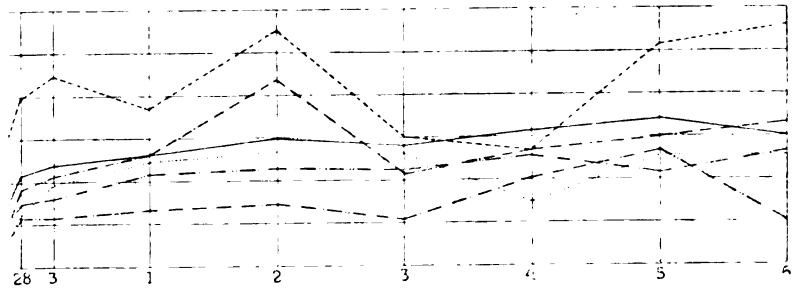
2. Druckfestigkeit.



— Mischung: 500 kg Zement auf 1 m³ Sand.

P

2. Druckfestigkeit.



– Mischung: 500 kg Zement auf 1 m³ Sand.

2. Druckfestigkeit.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XVII 6

DIE POROSITÄT DER MÖRTEL.

Von **J. Bied**, Paris.

(Übersetzt von K. Naehr, Wien.)

I.

Vor zehn Jahren hat Herr H. Le Chatelier gezeigt, daß man bei Mörtel zwei Arten von Durchlässigkeit zu unterscheiden hat: eine sozusagen normale Durchlässigkeit und eine Durchlässigkeit unter der Wirkung der Diffusion.

Eine Mörtelschichte kann beispielsweise für unter Druck stehendes Wasser normal undurchlässig sein, d. h. auch nicht einen einzigen Tropfen durchlassen, kann aber infolge der Kapillaritätswirkung sich durchfeuchten. In letzterem Falle vollzieht sich leicht die Diffusion der Mörtelsalze nach außenhin und jene der Salze des außen befindlichen Wassers zum Mörtelinneren.

Seit den Arbeiten Maynards weiß man nun, daß die Diffusion des Kalkes im Mörtel dessen Zersetzung unter der Einwirkung des Meerwassers einleitet.

Es ist daher von Wichtigkeit, Stoffe ausfindig zu machen, die die Mörtel gegen Diffusion undurchlässig machen. Wir haben uns das als Aufgabe gestellt.

II.

Wir erinnern uns, daß Herr H. Le Chatelier, um die Durchlässigkeit auf Diffusion zu messen, das Eintauchen der Probekörper (kleine Würfel oder Zylinder) in Lösungen von Kalziumbisulfid oder Natriumsulfid vorgeschlagen hat.

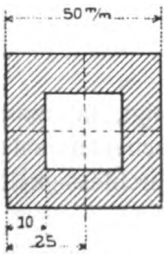
Digitized by Google

Nach einer gewissen Zeit nimmt man die Probekörper aus der Lösung, zerbricht sie und taucht die beiden Hälften, nachdem man die Bruchflächen sorgfältig abgespült hat, in eine Lösung von essigsaurem Blei.

Überall dort, wo die schwefelsaure Lösung infolge von Diffusion eingedrungen ist, zeigt sich sofort eine schwarze Färbung herrührend von dem sich bildenden schwefelsauren Blei.

Diese Methode haben nun auch ich und mein Mitarbeiter Herr R. Amic angewendet.

Das Bad war eine 10%ige Lösung von Natriumsulfid. Als Probekörper dienten Würfel von 5 cm Kantenlänge. In den nachstehenden Tabellen ist als Maß für die Durchlässigkeit die Eindringungstiefe angenommen, ausgedrückt in Prozenten der der Diffusion ausgesetzten Schichtendicke.



Wenn zum Beispiel bei einem Würfel von 50 mm Kantenlänge die durchtränkte Schichte 10 mm mißt, so sagen wir, die Eindringung beträgt $^{10}/_{25}$, d. h. 40%.

Die Undurchlässigkeit gegen Diffusion haben wir zu erreichen gesucht durch Fällung eines pulverigen und trägen Stoffes im Innern des Mörtels selbst oder durch Vermengung der Mörtel mit fetten oder kolloiden Stoffen.

III.

Als pulverförmig im Mörtelinnern gefällten Stoff haben wir Bariumsulfat angewendet.

Man erhält diesen Niederschlag, indem man dem Mörtel pulverisiertes Tonerdebaryt beigibt und dann die Probekörper der Einwirkung einer Kalzium- oder Magnesiumsulfatlösung aussetzt, oder indem man das Kalziumsulfat und das Bariumaluminat (Tonerdebaryt) von vornherein dem Mörtel beimengt.

Ein Vorversuch hat uns gezeigt, daß eine Mischung, bestehend bloß aus Tonerdebaryt und Gips (60 Teile Tonerdebaryt und 40 Teile Gips) erhärtete, unter Wasser haltbar und viel weniger durchlässig war als die Vergleichsprobekörper aus Zement.

Die nachfolgenden Tabellen enthalten die Ergebnisse von Versuchen nach den vorbeschriebenen Methoden.

Digitized by Google

Tabelle Nr. 1.

	Aufbewahrung vor dem Eintauchen	Durchdringung, nachdem in einer Lösung von schwefelsaurem Natrium gelagert		
		3 Tage	7 Tage	10 Tage
Reiner Zement (Vergleichsprobe)	7 Tage in Kalkwasser	53%	73%	100%
Mischung von 60 Bariumaluminat — 40 Gips . .		7%	13%	20%
Mörtel 1/3 Zement (Vergleichsprobe)		60%	83%	100%
Mörtel 1/3 mit einer Mischung von 60 Bariumaluminat und 40 Gips		20%	30%	30%

Tabelle Nr. 2.

	Aufbewahrung vor dem Eintauchen	Eindringungstiefe in % der zu diffusierenden Schichtendicke, nachdem in einer Lösung von Kalziumsulfid gelagert	
		8 Tage	10 Tage
Zylinder aus reiner Zementmasse (Vergleichsprobe)	7 Tage in Kalkwasser	30%	57%
Zylinder aus Mörtel 1/3 (Vergleichsprobe)		56%	100%
Zylinder aus reiner Zementmasse mit 2% Zusatz (Gewichtsteile) von Tonerdebaryt	7 Tage in gesättigter Gipslösung	30%	46%
Zylinder aus Mörtel 1/3 mit 2% Zusatz (Gewichtsteile) von Tonerdebaryt		40%	100%
Zylinder aus Zement mit einem 5% Zusatz (Gewichtsteile) von Tonerdebaryt		20%	33%
Zylinder aus Mörtel 1/3 mit einem 5% Zusatz (Gewichtsteile) von Tonerdebaryt		30%	64%

Digitized by Google

Da die Probekörper nur sieben Tage in der Kalk- oder Magnesiumsulfatlösung eingetaucht blieben, ist die Undurchlässigkeit nur eine unvollständige gewesen. Es ist aber wohl anzunehmen, daß sie bei einer längeren Eintauchungsdauer vollkommener sein würde; auch wäre sie wohl an den Begrenzungsflächen, die mit den Lösungen in unmittelbarer Berührung standen, ausgeprägter gewesen als in der Mitte der Probewürfel.

Zur Überprüfung dieser Beobachtung haben wir Probewürfel aus Zement mit einem Zusatze von 10% (Gewichtsteilen) Tonerdebaryt und solche aus reinem Zementmörtel hergestellt. Wir haben diese Körper hierauf in eine 2%ige Magnesiumsulfatlösung getaucht und sie darin 7, bzw. 14 und 37 Tage belassen.

Tabelle Nr. 3.

	Aufbewahrung vor dem Eintauchen	Eindringungstiefe in % der zu diffusierenden Schichtendicke, nachdem in einer Lösung von Kalziumsulfid gelagert	
		3 Tage	7 Tage
Probekörper aus reinem Zement (Vergleichsprobe)	7 Tage in gesättigter Gipslösung	47%	63%
Zementkörper mit 10% Zusatz (Gewichtsteile) von Tonerdebaryt		26%	40%
Zementmörtel 1/3 (Vergleichsprobe)		60%	100%
Zement 1/3 mit 10% Zusatz (Gewichtsteile) von Tonerdebaryt		36%	47%

Nach Ablauf dieser Zeiträume wurden die betreffenden Probekörper herausgenommen, in der Mitte zerbrochen und darauf in die vorerwähnte Sulfidlösung getaucht. Nach sieben Tagen wurden sie auch hier herausgenommen und dann der Einwirkung von Bleiazetat ausgesetzt.

Auf diese Art konnte man das Eindringen des Schwefels sowohl an den frischen Bruchflächen als auch an den Oberflächen der Versuchskörper feststellen.

Diese Ergebnisse sind für die Praxis außerordentlich wichtig, denn nach ihnen müßte sich auch ein wie vorhin angegeben zusammengesetzter Mörtel, in Meerwasser getaucht, nach einigen Monaten vollständig verschlämmt haben. Wir sind daran, die Zuverlässigkeit dieser Ergebnisse zu überprüfen.

Digitized by Google

Tabelle Nr. 4.

	Aufbewahrung vor dem Eintauchen	Eindringungstiefe in % der zu diffusierenden Schichtendecke, nachdem in einer Lösung von Kalziumsulfid gelagert	
		3 Tage	7 Tage
Probekörper aus reinem Zement (Vergleichsprobe)	7 Tage in 2%iger Magnesiumsulfatlösung	43%	53%
Zement mit 10% Zusatz (Gewichtsteile) von Tonerdebaryt		20%	33%
Zement 1/3 (Vergleichsprobe)		66%	66%
Zement mit 10% Zusatz (Gewichtsteile) von Tonerdebaryt		43%	53%

IV.

Insoweit fette und kolloidale Substanzen in Frage kommen, haben wir versucht:

1. Verschiedene im Handel erhältliche Produkte, welchen nachgesagt wird, daß sie eine normale Undurchlässigkeit zu erzeugen vermögen, ferner Kaseïn und verschiedene Gelatinarten;

2. Beimengen von Seifenwasser, dem ebenfalls eine dichtende Wirkung zugeschrieben wird;

3. Beigabe von Mineralöl, das in letzter Zeit in Amerika als Dichtungsmittel sehr gelobt wird.

A.

Die Ergebnisse der Versuche mit Fugydros, mit Zeresit, Aquabar und mit den Gelatinen sind alle negativ ausgefallen; die unter Verwendung der drei letztgenannten Produkte hergestellten Probekörper haben sogar größere Eindringungstiefen ergeben wie die gewöhnlichen Vergleichsproben.

Gleichfalls ohne Erfolg blieben die Versuche mit einer Algengallerte namens Norgin, die bei der Gewebeappretur Verwendung findet.

Auch das Kaseïn, Kirschbaumharz, Adragantgummi und Pflanzenwachse haben zu keinem Ergebnis geführt. Flachsmehl oder der Saft von Leinkörnern haben sich mit Zement nicht aufbereiten lassen.

Digitized by Google

Interessante Ergebnisse sind indes bei den Versuchen mit dem Fukosol zu verzeichnen, einer anderen Algengallerte, die im Gegensatze zu dem Fabrikate Norgine unter der Einwirkung von Basen nicht gerinnt.

B.

Das Fukosol übt auf den Zerfall des Mörtels einen ganz deutlichen Einfluß, indem es den Mörtel verringert (magert). Wir haben nun auch Versuche mit Seifenwasser gemacht, das in letzterwähnter Hinsicht noch bessere Resultate ergibt.

Tabelle Nr. 5.

	Aufbewahrung vor dem Eintauchen	Eindringungstiefe in % der zu diffusierendeu Schichtendicke, nachdem in einer Lösung von Natriumsulfid gelagert		
		3 Tage	7 Tage	10 Tage
Probekörper aus reinem Zement (Vergleichsprobe)	7 Tage in Kalkwasser	46%	66%	100%
Zement mit 10% Zusatz von Tonerdebaryt und 7% Zusatz von Gips (Zusätze in Gewichtsteilen)		30%	30%	43%
Zementmörtel 1/3 (Vergleichsprobe)		50%	100%	100%
Zement mit 10% Zusatz von Tonerdebaryt und 7% Zusatz von Gips (Zusätze in Gewichtsteilen)		46%	60%	60%

Die mit 5-,10-,15- und 20%igen Lösungen von weißer Marseiller Seife aufbereiteten Probekörper haben sich aber viel durchlässiger gezeigt als die Vergleichskörper.

Vielleicht hängt das mit der bei Anwesenheit von Schwefelnatron stattfindenden Bildung von Sodaseifen zusammen, die sich dann lösen.

Es hat mir an Zeit gemangelt, um eine auf dieses Produkt anwendbare andere Versuchsmethode ausfindig zu machen. Mit dem von Herrn Newburry seinerzeit so gelobten stearopalmitinsauren Kalzium habe ich keine Versuche unternommen; wahrscheinlich würden diese zu einem Ergebnis geführt haben.

Digitized by Google

C.

Wir haben auch Versuche mit zwei zähflüssigen russischen Mineralölen (Handelsware) gemacht: mit dem Oleonaphtha und mit dem Valvolin.

Das Öl läßt sich nach dem Aufbereiten des Zementkuchens sowohl wie des Mörtelkuchens sehr leicht in den Probekörper einführen. Die Emulsion geht sehr rasch vor sich, ausgenommen dann, wenn das Valvolin in sehr großen Mengen zugegeben wird.

Wir bringen in der Tabelle 8 die interessantesten, bei den Versuchen mit dem Valvolin erhaltenen Resultate.

Man erkennt diese Ergebnisse als um so interessanter, je länger die Aufbewahrung im Trinkwasser stattgefunden hat. Es bestätigt das nur die von Herrn Page in Amerika gemachten Wahrnehmungen.

V.

Wir haben auch den Einfluß untersucht, den alle diese Fett- und Kolloidprodukte auf die Festigkeit des Mörtels genommen haben.

Zeresit, Aquabar, Fugydros und Kaseïn verringern die Festigkeit der Mörtel nur wenig.

Tabelle Nr. 6.

	Eindringungstiefe, nachdem nach vorangegangener 7tägiger Lagerung in Schwefelnatriumlösung in Magnesiumsulfat getaucht durch					
	7 Tage	14 Tage	37 Tage	7 Tage	14 Tage	37 Tage
	Von der Oberfläche gemessen			Von der frischen Bruchfläche gemessen		
Probekörper aus reinem Zement (Vergleichsprobe)	16%	16%	12%	24%	20%	10%
Zement mit 10% Zusatz (Gewichtsteile) von Tonerdebaryt	4%	6%	3%	8%	10%	4%
Zementmörtel 1/3 (Vergleichsprobe)	28%	26%	12%	40%	30%	24%
Zement mit 10% Gewichtszusatz von Tonerdebaryt-Zement	8%	10%	3%	16%	14%	10%
Beton (Vergleichsprobe) .	32%	34%	8%	44%	46%	24%
Beton mit 10% Gewichtszusatz von Tonerdebaryt-Zement	8%	14%	4%	28%	18%	16%

Digitized by Google

Tabelle Nr. 7.

	Aufbewahrung vor dem Eintauchen	Dauer der Lagerung in der Schwefelnatrium-lösung
	7 Tage	7 Tage
Reiner Zement (Vergleichsprobe)	in Kalkwasser	16%
Zementmörtel 1/3 (Vergleichsprobe) . . .		28%
Reiner Zement mit einem 3% Zusatz (Gewichtsteilen) von Fukosol		12%
Zementmörtel 1/3 mit 3% Fukosol . . .		20%
Reiner Zement mit 5% Fukosol		0%
Zementmörtel 1/3 mit 5% Fukosol . . .		20%
Reiner Zement mit 10% Fukosol		0%
Zementmörtel 1/3 mit 10% Fukosol . . .		12%

Tabelle Nr. 8.

Versuche auf Durchlässigkeit durch Diffusion in Schwefelkalziumlösungen, unternommen mit verschiedenen Bindemitteln, aufbereitet unter Zusatz von Mineralöl.

Dauer des Eintauchens		Mörtelmasse ohne Beimengung (Vergleichsprobe)		Probemasse mit einem Valvolinzusatz von 5% des Gewichtes des Bindemittels		Probemasse mit einem Valvolinzusatz von 10% des Gewichtes des Bindemittels	
in Trinkwasser	in Schwefelkalziumlösung	Mörtel 1:3	Mörtel 1:5	Mörtel 1:3	Mörtel 1:5	Mörtel 1:3	Mörtel 1:5
1° Kalk A. D.							
10 Tage	7 Tage	D. 50%	D. v.	D. 33%	D. 70%	D. 25%	D. 50%
28 „	7 „	D. 35%	D. 80%	D. 15%	D. 20%	D. 10%	D. 15%
2° Kalk M.							
10 Tage	7 Tage	D. 45%	D. v.	D. 33%	D. 70%	D. 22%	D. 50%
28 „	7 Tage	D. 33%	D. 50%	D. 20%	D. 30%	D. 10%	D. 15%
3° Zement L.							
10 Tage	7 Tage	D. 40%	D. 75%	D. 25%	D. 35%	D. 20%	D. 40%
28 „	7 „	D. 38%	D. 45%	D. 15%	D. 20%	D. 10%	D. 15%
4° Zement M.							
7 Tage	7 Tage	D. 50%	D. v.	D. 20%	D. 35%	D. 20%	D. 32%
28 „	7 „	D. 20%	D. 35%	D. 12%	D. 20%	D. 10%	D. 18%

Anmerkung: D. v. bedeutet: Durchdringung vollständig.
D. % bedeutet: Durchdringung .....%.

Digitized by Google

Norgin, Kirschbaumharz, Adragantgummi und Pflanzenfett setzen die Festigkeit hingegen stark herab. Das Fukosol verlangsamt ein wenig die Erhärtung; aber nach 84 Tagen waren die Festigkeitswerte ganz normale.

Ebenso verhält es sich mit Seifenwasser und mit Mineralöl, mit der Ausnahme vielleicht, daß man bei Verwendung dieser Produkte sechs Monate warten muß, um die gleichen Festigkeitswerte zu erzielen.

VI.

Schlußfolgerungen.

Mörtel, die der Einwirkung des Meerwassers ausgesetzt sind, können für die so wichtige Diffusion undurchlässig gemacht werden, indem man ihnen im Augenblick der Aufbereitung Tonerdebaryt beimengt. Es bildet sich dann ein Niederschlag von Bariumsulfat, der die kapillaren Hohlräume des Mörtels verstopft.

Ein gewisser Grad von Undurchlässigkeit läßt sich auch erreichen durch Beimengung von Fettstoffen und gallertartigen Substanzen.

Unter diesen Produkten scheinen wieder die zähflüssigen Mineralöle und das Fukosol empfehlenswert zu sein.

Auch noch viele andere Stoffe wären von Forschern zu untersuchen, die auf dem hier behandelten Gebiete Neues entdecken möchten.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XVIII 1

ÜBER VERSCHIEDENE CHEMISCHE ERSCHEINUNGEN, WELCHE BEI TECHNISCHEN UNTERSUCHUNGEN BEOBACHTET WORDEN SIND.

Von **J. Bied**, Viviers (Ardèche).

(Übersetzt von Dr. Ing. H. Marcus, Berlin.)

Die technischen Laboratorien haben häufig Gelegenheit, im Laufe von Untersuchungen, die in erster Linie einem praktischen Zwecke dienen sollen, Erscheinungen von allgemeinem wissenschaftlichen Interesse zu begegnen, die sie aus Zeitmangel nicht weiter erforschen können. Diese Beobachtungen liefern aber wertvolle Hinweise auf theoretische Fragen und können daher die Bahn zu neuen Untersuchungen eröffnen.

Das Ziel des vorliegenden Berichtes ist eine kurze Mitteilung über einige Erscheinungen dieser Art, welche uns besonders aufgefallen sind.

Auf Grund einfacher und rasch durchgeführter Versuche haben wir uns bemüht, die erste Aufklärung zu gewinnen. Jedoch gestatten uns die Arbeitsbedingungen eines technischen Laboratoriums nicht, unsere Forschungen in dem Maße auszudehnen, wie es zur endgültigen Lösung solcher Probleme erforderlich wäre.

Wir müssen daher diese Aufgabe anderen Forschern, welche für wissenschaftliche Untersuchungen besser ausgerüstet sind oder über mehr Zeit verfügen, überlassen und uns auf die Mitteilung unserer Ergebnisse beschränken.

Digitized by Google

I. Feststellung der Temperatur, bei welcher die Kalziumsilikate und Aluminate das Hydratwasser ausscheiden.

Bei Löschversuchen mit Kalken und Zementen benutzten wir einen kleinen Laboratoriumsapparat[1]), mit dem es möglich ist, den Stoff in Wasserdampf bei einer konstanten Temperatur unter 100° zu rühren. Während dieser Versuche haben wir folgendes beobachtet:

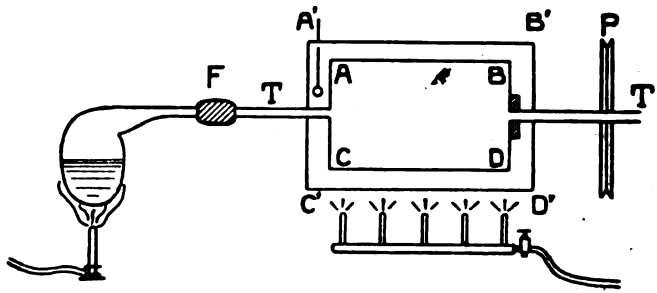
1. Irgend ein Zement, der bereits die Heißwasserprobe bestanden hat und mit Wasserdampf über 140° Celsius behandelt wird, saugt niemals Wasser ein. Hieraus geht hervor:

a) Daß sich die Hydrate der schwachbasischen Kalziumssilikate und Aluminate bei dieser Temperatur nicht bilden und mithin nur unter 140° C bestehen können;

b) daß die starkbasischen Kiesel- und Tonerdeverbindungen bei dieser Temperatur vom Wasser nicht angegriffen werden, denn wäre dies der Fall, so würde CaO frei werden und es

[1]) Der Versuchsapparat besteht im wesentlichen aus einem ersten kupfernen Zylinder A B C D, der mit zwei kleinen Röhren versehen ist. Die Röhre T ist fest, die Röhre T' dagegen, welche zur Einführung des Versuchsstoffes dient, kann abgenommen werden und ist mit einer Rolle P verbunden.

Dieser Zylinder wird mittels eines drehbaren Gelenkes F an den Hals einer Retorte, in der Wasser in siedendem Zustande gehalten wird, angeschlossen. Er



wird von einem zweiteiligen Zylinder A' B' C' D' umhüllt, der auch in Kupfer hergestellt ist und durch eine Gasflamme erhitzt wird. Um ständig die Temperatur feststellen zu können, ist die Umhüllung mit Thermometern versehen.

Der innere Zylinder wird vermittelst der Rolle P durch einen kleinen Heißluftmotor angetrieben und führt 5 bis 6 Umdrehungen in der Minute aus.

Der zu prüfende Zement wird im Zylinder A B C D entweder in losem Zustande oder besser in kleinen Säcken aus weitmaschigem Leinen eingelegt. In dieser Weise kann man mit 50 g Zement arbeiten und auch verschiedene Zemente gleichzeitig untersuchen; außerdem wird das Fortreißen feiner Zementstäubchen durch den Dampfstrom verhindert.

Digitized by Google

müßte dann (da das Hydrat von CaO erst bei 550° C in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre sein Hydratwasser verliert) eine Wasseraufnahme erfolgen.

2. Ein Zement, der in natürlicher oder künstlicher Weise (durch Ausstreuung von Wasser an seiner Oberfläche) gelüftet wird, scheidet bei einer Wärme über 140° einen Teil des (im kalten) gebundenen Wassers aus, nämlich denjenigen, der mit den Kiesel- und Tonerdeverbindungen zusammengesetzt war. Dagegen wird, wenn die Behandlung in gesättigtem Wasserdampf erfolgt, das Wasser, welches mit dem aus der Zersetzung der Silikate herrührenden CaO verbunden ist, vollkommen beibehalten.

3. Ein bis zur halben Schmelzung gekochter Zement, dem eine bestimmte Menge ungelöschten Kalkes beigefügt wird und der bei 140° mit Wasserdampf behandelt wird, saugt genau diejenige Menge Wasser ein, welche zur Löschung des hinzugesetzten Kalkes erforderlich ist. Das Gewicht des letzteren kann also aus der Menge des aufgenommenen Wassers errechnet werden.

Diese drei Erscheinungen sind von Herrn B. Blount, dem wir unsere Beobachtungen mitgeteilt hatten, bestätigt worden.

Andere Versuche haben gezeigt, daß die Zersetzungs- und Hydratisierungswärme der genannten Salze verschieden ist: für die kieselsauren Kalke dürfte sie bei 120° und für die Kalziumaluminate bei 140° liegen. In der Tat:

1. Ein ausschließlich kieselhaltiger Zement, wie derjenige von Teil, saugt zwischen 110 und 120° kein Wasser ein;

2. die künstlichen Zemente, die sehr viel Tonerde enthalten, nehmen dagegen bei 110° Wasser auf, und ihr Abbinden wird hier durch beträchtlich verlangsamt;

3. die rasch bindenden Zemente saugen bei 110° Wasser ein und binden dann langsamer. Jedoch nehmen sie bei 140° gewöhnlich kein Wasser mehr auf und ihre Abbindung vollzieht sich wieder in schneller Weise. Einige Zemente saugen bei 140° Wasser ein und bleiben raschbindend; dies beweist, daß sie ungelöschten Kalk enthalten.

II. Die quantitative Bestimmung des in den Zementen nach Mahlung und Erhärtung vorhandenen freien Kalkes.

Die soeben mitgeteilten Beobachtungen haben uns die Möglichkeit gegeben, sehr einfache Verfahren zur Erforschung der Zersetzung und der Abbindung eines Zementes aufzustellen.

Digitized by Google

1. Freier Kalk in einem ungelüfteten Zement.

Man läßt den Zement bei 450° Wärme abbrennen, entweder unter freiem Luftzutritt oder besser in einem Stickstoffstrom, um die Oxydierung des Schwefels und der Kohle, die einige Zemente enthalten können, zu vermeiden. Bei dieser Temperatur ist die Dissoziationsspannung des Kalziumkarbonats praktisch gleich Null. Man streicht den Zement mit Wasserdampf bei 140 bis 150°: die Menge des im Zement vorhandenen, nicht abgebundenen Kalkhydrates oder ungelöschten Kalkes wird durch das eingesaugte Wasser bestimmt.

2. Freier Kalk in den gelüfteten Zementen.

Man nimmt den gelüfteten Zement und wägt die gesamte in ihm vorhandene Kalkmenge ab. Man lüftet ihn ein zweites Mal, indem man ihn eine Wassermenge von x% aufnehmen läßt, und zwar entweder in kaltem Zustande mittels eines Wasserstäubers oder unter 100° durch Streichung mit feuchtem Wasserdampf.

Behandelt man sodann die zweite Probe mit Wasserdampf über 140°, so kann man aus der gesamten, vom Zement eingesaugten Wassermenge denjenigen Teil bestimmen, der sich mit den Silikaten verbunden hat. Ist dies geschehen, so ist es leicht, den ursprünglich im Zement vorhandenen freien Kalk zu ermitteln. Als Beispiel sei dies vorgeführt:

Ein Zement enthält eine Wassermenge (A): mit Wasserdampf bei 140° behandelt, verliert er eine Wassermenge (a). Nun läßt man ihn die Wassermenge (B) einsaugen. Scheidet er bei 140° eine Menge (a + b) aus, so stellt b das Wassergewicht dar, das sich mit den Silikaten (oder Aluminaten) gebunden hat, während (B—b) die mit dem Kalk gebundene Wassermenge angibt, und zwar ist dieser Kalk durch die Zersetzung der Silikate entstanden. Die Zersetzung ist erfolgt, während der Zement gelüftet wurde und die gesamte Menge (B) aufnahm.

Das Wasser, welches mit dem aus der ersten Zersetzung herrührenden Kalk gebunden ist, hat also die Menge

$$X = (B-b) \cdot \frac{a}{b}.$$

Somit stellt

$$A - (X + a) = A - B\,\frac{a}{b}$$

Digitized by Google

die Wassermenge dar, die zuerst mit dem ursprünglich im untersuchten Zement vorhandenen freien Kalk gebunden war.

Es sei bei dieser Gelegenheit noch erwähnt, daß man bei synthetischen Erzeugnissen aus diesen Erscheinungen Schlüsse über die Zersetzungsreaktionen und die Formel der hydratisierten Silikate und Aluminate ziehen könnte.

3. Bestimmung des durch die Erhärtung freigewordenen Kalkes.

Der erhärtete Zement wird von seiner Feuchtigkeit (d. h. vom ungebundenen Wasser) durch die Austrocknung bei 100—110° unter konstantem Gewicht befreit.

Man bestimmt die Menge von Kohlensäure und brennt, wie vorhin, den getrockneten Zement bei 450° ab: in dieser Weise ist es möglich, die insgesamt gebundene Wassermenge, d. h. das Hydratwasser der Kalksilikate und Aluminate, zu ermitteln. Der verkalkte Zement wird in einem Wasserdampfstrom von 140° C gehalten. Die Gewichtszunahme stellt die mit dem freien Kalk gebundene Wassermenge dar. Es ist nun leicht daraus abzuleiten, welcher Menge von Kalkhydrat im erhärteten Zement das mit dem verkalkten Zement bei 140° gebundene Wasser entspricht, und zwar rührt dieses Kalkhydrat sowohl vom ursprünglich freien Kalk als auch von der Zersetzung der Silikate her. Die erste dieser Mengen kann vorher bestimmt worden sein, während anderseits die Menge der gebundenen Kohlensäure bekannt ist.

Diese quantitativen Bestimmungen werden allerdings ziemlich kompliziert, wenn im Zement andere flüchtige Stoffe als Kohlensäure und Wasser enthalten sind, wie zum Beispiel ungebrannte Kohle, Alkalien usw., oder auch wenn sich im Zement Stoffe befinden, die durch Verkalkung an Gewicht zunehmen, wie beispielsweise das schwefelsaure Eisenoxydul. Dieselben verbinden sich mit dem Sauerstoff und beeinflussen daher den Abbrand.

Dies sind aber nur Ausnahmen, während im allgemeinen die Anwendung dieses Verfahrens auf die theoretische Forschung des Abbindens von Kalken und Zementen möglich ist.

In dieser Weise haben wir Versuche über die Befreiung des Kalkhydrates im Laufe der Erhärtung durchgeführt. Aus unseren Beobachtungen glauben wir schließen zu dürfen, daß sich diese

Digitized by Google

Befreiung weit langsamer, als gewöhnlich angenommen wird, vollzieht und daß in den erhärteten, selbst älteren Zementen eine große Menge von wirksamen, unzersetzten Produkten übrig bleibt.

III. Die mit dem Kalk bei 1000° C gebundene Kieselerde.

Mit demselben Apparat haben wir auch die erste Verbindung festzustellen versucht, die sich in einer Temperatur von ungefähr 1000° zwischen der Kieselerde und dem Kalk bildet, indem wir das Mengeverhältnis zwischen dem freien Kalk einerseits und der gebundenen Kieselerde andererseits bestimmten.

Um das Gewicht von Kieselerde, welches sich in einem gebrannten Produkt mit dem Kalk zusammengesetzt hat, zu ermitteln, sind wir nach dem Verfahren von Herrn Le Chatelier vorgegangen. Seit mehreren Jahren wenden wir dieses Verfahren an und es hat uns immer sehr gut übereinstimmende Vergleichsergebnisse geliefert.

Der Gang der Behandlung ist der folgende:

Durch Verdampfung und Verkalkung in einer Temperatur von 150 bis 180° wird zunächst die ganze Kieselerde unauflöslich gemacht; dann läßt man sie eine Viertelstunde lang in einer dreiprozentigen Ätzkalilösung sieden. Die gesamte mit dem Kalk gebundene Kieselerde löst sich in dem kohlensauren Kali auf; wägt man nun den sandigen Rückstand und zieht dessen Gewicht von demjenigen der ganzen Kieselerde ab, so ergibt sich das Gewicht der gebundenen Kieselerde. Wenn man andererseits nach dem vorhin beschriebenen Verfahren die Wassermenge bestimmt, welche bei mehr als 140° Wärme zur Löschung des übrig gebliebenen freien Kalkes erforderlich ist, so wird die Formel des gebildeten Silikates erhalten.

In dieser Weise haben wir mit einem guten kieselhaltigen Kalkstein (d. h. einer, der weniger als 2% Tonerde und Eisen enthält) die folgenden Ergebnisse gewonnen:

Kalkstein gebrannt bei	Formel des kieselsauren Kalkes:
1000°	SiO^2, 2·5 CaO
1200°	SiO^2, 2·6 CaO

Demnach würden sich wahrscheinlich die basischen Silikate bereits in den niedrigsten Temperaturen des Abbrandes bilden.

Digitized by Google

IV. Das Bikalziumsilikat.

Die Versuche von Day Allen, Sheperd und Rankin haben erwiesen, daß das Bikalziumsilikat drei allotropische Formen aufweist.

Die Form α ist über 1400° C
„ „ β zwischen 600 und 1400°
„ „ γ in kaltem Zustande beständig.

Letztere Form ist sandig und reagiert nicht in hydraulischer Hinsicht.

Die Form α soll hydraulisch sein, wenn sie durch Eintauchen in Quecksilber plötzlich abgekühlt wird.

Wir haben diese Eintauchungsversuche in der folgenden Art wiederholt: Kleine Kügelchen, bestehend aus Bikalziumsilikat mit 2 bis 3% von R^2O^3 sind zwischen 1600 und 1700° Wärme gebrannt worden. Aus dem Ofen herausgenommen, wurden sie dann entweder plötzlich (die einen in Quecksilber, die anderen in kaltes Wasser) eingetaucht oder an der Luft abgekühlt.

Wie es die amerikanischen Forscher gezeigt haben, ist durch das Eintauchen das Instaubzerfallen der Kügelchen, welches bei allen an der Luft gekühlten Kügelchen regelmäßig erfolgt ist, vollkommen verhindert worden.

Die eingetauchten Kügelchen sind zerrieben und mit Wasser gerührt worden: aus denselben wurden Proben hergestellt, die in Wasser aufbewahrt worden sind.

Nach einer einjährigen Lagerung hat keine der Proben eine merkliche Festigkeit erreicht.

Diese Beobachtung würde somit der allgemeinen heutigen Anschauung über die hydraulische Eigenschaft des Bikalziumsilikats widersprechen.

V. Geschmolzene Zemente.

Durch Verbrennung natürlicher oder künstlicher Kalkverbindungen von Tonerde haben wir geschmolzene, vollkommen fließende Produkte gewonnen. Bei einer Temperatur von ungefähr 1450° flüssig, lieferten dieselben, wenn sie zerrieben wurden, hydraulische Erzeugnisse, deren Abbindung sich langsam, die Erhärtung dagegen sehr rasch vollzog. Nach zwei Tagen erreichte

Digitized by Google

beispielsweise ein in dieser Art hergestellter Brei eine Zugfestigkeit von mehr als 60 kg.

In heißem Wasser wiesen diese Produkte keinerlei Anschwellung auf.

Ihrer Zusammensetzung nach hatten sie die Formel des Monokalziumaluminates — unter Ausschaltung der als Unreinheiten anzusehenden Beimengungen von Eisen und Kieselerde. Mit Wasser behandelt, hatten sie eine langsame Abbindung; dagegen wurden sie rasch bindend, wenn Kalkydrat hinzugesetzt wurde. Hieraus würde sich ergeben, daß beim Monokalziumaluminat wie beim Gips die Abbindung auf Grund einer einfachen neuen Hydratisierung erfolgt. Dieses Aluminat würde aber bei der gewöhnlichen Temperatur in der Anwesenheit des Kalkes nicht bestehen können, sondern bindet sich sehr rasch mit demselben. Jedoch darf es nicht als reine Pouzzolanerde verwendet werden, da das Bikalziumaluminat durch das Kalziumsulfat angegriffen wird.

Das Monokalziumaluminat dagegen erhärtet, wenn ihm Gips beigemengt wird, liefert hohe Festigkeiten und erscheint unzersetzbar.

VI.

Zum Schlusse erlaube ich mir, die Aufmerksamkeit der Forscher auf folgende Tatsache zu lenken. Es ist mir gelungen, einen zur Auskleidung bestimmter Öfen dienenden Zement herzustellen, der bei den Warmwasserproben vollkommen beständig ist und nachstehende Zusammensetzung aufweist:

SiO_2 sandig	1·15
SiO_2 gebunden	20·25
Al_2O_3	2·00
Fe_2O_3	1·62
CaO	71·50
MgO	1·70
CO_2	—
SO_3	Spuren
Flüchtige Stoffe	0·20
Unbestimmte Bestandteile	1·58
	100·00

Digitized by Google

Wenn man annimmt, daß die Kiesel-, die Tonerde und sogar das Eisen dreibasische Salze geliefert haben, so haben diese drei Produkte nur 61·52% Kalk neutralisieren können. Es bleiben somit 10% Kalk und 1·70% Talkerde übrig, die frei bestehen würden.

Jedoch schwillt das Erzeugnis nicht an und mit Wasserdampf behandelt, saugt es kein Wasser ein.

Es sei allerdings erwähnt, daß der benutzte Stoff sehr lange in einem Brennofen mit feuerfesten Ziegeln gebrannt wird.

Diese Erscheinung dürfte meines Erachtens in beträchtlichem Maße die Ansicht der Forscher, welche an eine feste Lösung glauben, bekräftigen.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XIX$_1$

WETTERBESTÄNDIGKEIT DER BAUSTEINE.

Bericht vom Obmanne der Kommission 7, Professor **A. Hanisch,** k. k. Oberbaurat in Wien.

Mit Beiträgen von Professor Dr. **R. Oebbeke,** München, **J. A. Grutterink,** Delft, **J. Allen Howe,** London, und Professor Dr. **J. Hirschwald,** Berlin.

Laut Beschluß des Vorstandes in der XXII. Sitzung zu München am 18. März 1911 wurde der Text der Aufgabe 7 in folgender Weise neu festgesetzt:

Untersuchungen über die Wetterbeständigkeit der Bausteine, Prüfung des Einflusses der Rauchgase, insbesondere der schwefligen Säure, Methoden zur Untersuchung der Qualität, insbesondere der Wetterbeständigkeit der Dachschiefer.

Die Kommission hatte im Herbste 1911 nachstehende Zusammensetzung:

Obmann: Prof. A. Hanisch, Wien.

Stellvertreter: P. Larivière, Ing., Paris.

Mitglieder: Prof. Dr. N. Belelubsky, St. Petersburg, Prof. C. Dementieff, Kiew, Prof. E. Dietrich, Berlin, Prof. W. Ewald, St. Petersburg, Prof. M. Gary, Berlin-Groß-Lichterfelde W., Dr. E. Glinzer, Hamburg, A. Greil, Wien, Prof. Dr. U. Grubenmann, Zürich, Prof. J. A. Grutterink, Delft, Prof. Dr. J. Hirschwald, Berlin, J. Allen Howe, London, Sir Alex. B. W. Kennedy, London, E. Leduc, Paris, Prof. Dr. C. Lunge, Zürich, Prof. M. Merrimann, New-York, Prof. R. Oebbeke, München, Prof. Dr. H. Seipp, Kattowitz, A. Siemens, London, Prof. H. L. Vogt, Christiania, Prof. A. Wikander, Göteborg.

Digitized by Google

Der Vorstand hatte in seiner XX. Sitzung am 5. Februar 1910 zu Frankfurt a. M. beschlossen, die Wetterbeständigkeit der Bausteine als Hauptfrage auch für den nächsten Kongreß beizubehalten, und den Berichterstatter ersucht, die Bearbeitung dieser Frage zu übernehmen. Das bezügliche Elaborat sollte als Ausgangspunkt für die Diskussion auf dem nächsten Kongresse dienen.

Der dem fünften Kongresse des Verbandes in Kopenhagen unterbreitete Bericht der Kommission 7, betreffend die Frage der Wetterbeständigkeitsprüfung der Bausteine, befand sich in den Händen aller Mitglieder. Der Obmann richtete nun an dieselben noch im Herbste 1909 die Bitte, die vorliegenden Arbeiten gütigst einer genauen Durchsicht unterziehen zu wollen und ihre Meinung über die in Vorschlag gebrachten Prüfungsverfahren[1]) und über deren Berücksichtigung in den Normen der Bausteinprüfung in Bälde abzugeben. Da kein Bericht einlief, erschien es zweckmäßig, die Mitglieder der Kommission zu einer regeren Betätigung heranzuziehen. In Anbetracht der Vielseitigkeit des Beratungsgegenstandes empfahl es sich vorerst, daß zur Vereinfachung und Beschleunigung des Geschäftsganges die Erledigung der einzelnen Anträge und die Beschlußfassung über dieselben nach einem festgesetzten Plane, einer bestimmten Geschäftsordnung erfolge.

Soweit Antworten einlangten, erklärten die Mitglieder ihr Einverständnis mit den am 5. Jänner 1910 vom Berichterstatter vorgelegten Geschäftsordnungsentwürfen. Hierauf erging an alle Mitglieder der Kommission 7 eine Einladung zur Beratung der vom Geheimen Regierungsrat Professor Dr. Hirschwald aufgestellten Prüfungs-Schemata Da trotz aller Bemühungen seitens des Obmannes die Teilnahme der Herren Mitglieder an den Beratungen wieder unzulänglich blieb, wurde die Bildung eines engeren Ausschusses ins Auge gefaßt.

Nach länger währenden Verhandlungen gelang es dank dem freundlichen Entgegenkommen nachbenannter Herren, im Jänner 1911 einen Arbeitsausschuß, bestehend aus den Mitgliedern Grutterink (Delft), Hirschwald (Berlin), Howe (London), Oebbeke (München) und dem gefertigten Obmanne als Vorsitzenden der Kommission in Vorschlag zu bringen. Die Einsetzung dieses Ausschusses für die Förderung der Kommisionsarbeiten fand durchwegs die beste

[1]) Siehe Prof. Dr. J. Hirschwald: Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit. Berlin, Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn, 1908.

Digitized by Google

Aufnahme. Nachdem sich der Arbeitsausschuß nunmehr konstituiert hatte, wurde den genannten Herren am 4. Februar 1911 ein Arbeitsplan mit der Bitte übersendet, die Berichterstattung über bestimmte Teile der Hirschwaldschen Prüfungsmethode gefälligst übernehmen zu wollen. Herr Geheimrat Hirschwald hatte begreiflicherweise kein Referat übernommen, sich aber bereit erklärt, Anfragen der Mitglieder, die zu ihrer Information erforderlich erschienen, zu beantworten.

Da in der XXII. Sitzung des Vorstandes am 18. März 1911 Herr Geheimrat Prof. Dr. N. Belelubsky in St. Petersburg die Absicht ausgesprochen hatte, sich an den Arbeiten der Kommission bezüglich der Frostbeständigkeit beteiligen und in den Arbeitsausschuß eintreten zu wollen, wurde derselbe unter dem Ausdrucke besten Dankes in diesen kooptiert und gebeten, Vorschläge betreffend die Vereinheitlichung der Erprobung von Bausteinen auf Frostbeständigkeit erstatten zu wollen.

Die von den vier genannten Herren eingelangten Sonderberichte I—IV, welche eine eingehende Würdigung der Hirschwaldschen Prüfungsmethode enthalten, nebst einer Äußerung des Herrn Prof. Hirschwald über diese Sonderberichte selbst, sind diesem Berichte angeschlossen. Sie wurden sämtlichen Mitgliedern der Kommission 7 durch folgendes Rundschreiben zur Kenntnis gebracht:

Wien, November 1911.
IX., Währingerstraße Nr. 59.

Hochgeehrter Herr!

Die Referate der Herren Mitglieder des mit Ihrer Zustimmung eingesetzten Arbeitsausschusses, betreffend die Beratung der von Herrn Geheimrat Professor Dr. Hirschwald auf dem Kopenhagener Kongresse vorgelegten Schemata zur Prüfung natürlicher Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit liegen nun vor und folgen in der Anlage mit.

Indem ich auch eine kurze Äußerung des Herrn Geheimrates Hirschwald beischließe, erlaube ich mir folgenden Antrag zu unterbreiten:

»Die Kommission beschließt auf Grund der von den Mitgliedern ihres Ausschusses erstatteten Berichte, bei dem Internationalen Kongreß für die Materialprüfungen der Technik zu beantragen:

Digitized by Google

Der Kongreß wolle beschließen:

Die Hirschwaldsche Methode der Prüfung natürlicher Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit wird den Materialprüfungsanstalten zur Einführung empfohlen und es werden dieselben ersucht, ihre Erfahrungen mit dieser Methode seinerzeit der Kommission 7 bekanntgeben zu wollen. Die genannte Kommission hat diese Eingänge zusammenzustellen und darüber dem nächsten Kongresse zur Beschlußfassung hinsichtlich der aufzustellenden Normen Bericht zu erstatten.«

Behufs rechtzeitiger Drucklegung des Berichtes einer baldigsten Beantwortung entgegensehend,

hochachtungsvoll

A. Hanisch m. p.
Obmann der Kommission 7.

Von den 23 Mitgliedern der Kommission erklärten 14 ihre volle Zustimmung zum Kommissionsantrag, 5 hatten bis Mitte Mai keine Erklärung eingesandt und sich damit im Sinne der Geschäftsordnung dem Antrag angeschlossen, 3 Herren enthielten sich der Abstimmung, 1 Herr stimmte nur für eine probeweise Benutzung der Hirschwaldschen Methode.

Der obige Antrag erscheint hiemit von der Kommission — die ihre Beschlüsse schon mit einfacher Majorität faßt — angenommen und wird dem Kongresse zur Genehmigung unterbreitet.

Wien, am 15. Mai 1912.

A. Hanisch
Obmann der Kommission 7.

Digitized by Google

SONDERBERICHT

von Geh. Hofrat Professor Dr. **K. Oebbeke** in München.

Betreffend folgende Teile der Hirschwaldschen Prüfungsschemata:

1. **Zweckmäßigkeit der vorgeschlagenen mineralogischen Beschreibung der Gesteine behufs Feststellung ihrer allgemeinen Ausbildungsform.**
2. **Zweckmäßigkeit der chemischen Untersuchung in der vorgeschlagenen Einschränkung.**
3. **Zweckmäßigkeit der geologischen Untersuchung der Steinbrüche als Ergänzung der Prüfung in den Versuchsanstalten und zur Gewinnung zweckentsprechenden Probematerials (s. S. 661 des Hirschwaldschen Werkes).**

Für die makroskopische Gesteinsbeschreibung unter Benützung der Lupe kommt zunächst in Betracht festzustellen: 1. die mineralogische Zusammensetzung des Gesteins, 2. die Struktur des Gesteins, 3. die chemische Beschaffenheit der das Gestein zusammensetzenden Mineralien respektive des Bindemittels oder der Grundmasse und die chemische Beschaffenheit des Gesamtgesteins, 4. die Farbe und der Erhaltungszustand der einzelnen Bestandteile des Gesteins respektive Farbe und Erhaltungszustand des Gesamtgesteins. Diese Bestimmungen sind eventuell schon bei 1 und 2 zu berücksichtigen. Sind die erwähnten Eigenschaften der Mineralien respektive des Gesteins gut erkennbar, so ist dadurch die Zugehörigkeit des Gesteins zu einer bestimmten Gesteinsart gegeben und in vielen Fällen ist man auch schon in der Lage, ein Urteil über die Art und Weise der möglichen Verwendbarkeit des Gesteins und über seine Wetterbeständigkeit zu fällen.

Letzteres wird um so leichter sein, wenn auch die einschlägigen Verhältnisse im Steinbruch und die Verwitterungserscheinungen etc. an bereits ausgeführten Bauten mit in Betracht gezogen werden. Selbstverständlich wird vorausgesetzt, daß diese Untersuchungen von einem Fachmann, der mit den mineralogischen, chemisch-mineralogischen, petrographischen und geologischen Untersuchungsmethoden vollkommen vertraut ist, ausgeführt werden.

Digitized by Google

I.

Was nun die Zweckmäßigkeit der vorgeschlagenen mineralogischen Beschreibung der Gesteine, besonders die Feststellung ihrer allgemeinen Ausbildungsformen betrifft, wie sie von Hirschwald zusammengestellt sind, so halte ich es zunächst für außerordentlich wünschenswert, daß dieselben bei vorzunehmenden Gesteinsprüfungen eingehend berücksichtigt werden, und daß ferner ein ganz besonderes Augenmerk darauf gerichtet wird, die Methoden nach der praktischen Seite hin weiter auszubauen, um unter Umständen mit den möglichst einfachen Mitteln möglichst schnell zu einem den jeweiligen Forderungen entsprechenden möglichst sicheren Resultat zu gelangen.

Die Hirschwaldschen Untersuchungen sind in einer derartig eingehenden und gründlichen Weise durchgeführt worden, daß sie ein unschätzbares Material für alle vorzunehmenden Gesteinsuntersuchungen bieten. Die Methoden in einer oder der anderen Weise zu modifizieren wird mehr oder weniger von den individuellen Eigenschaften des Untersuchers abhängen. Ebenso wird die Ausführlichkeit der vorzunehmenden Untersuchungen bedingt sein von der Bedeutung, der Wichtigkeit und dem Zwecke der Gesteinsverwendung.

Im einzelnen auf die verschiedenen Punkte der Prüfungsschemata für Sandsteine etc. etc. hier einzugehen, erscheint mir überflüssig, weil die entsprechenden Vorschläge in der „Anleitung zur praktischen Beurteilung des Wetterbeständigkeitsgrades der Sandsteine“ etc. etc. (s. Hirschwald, S. 400 ff.) übersichtlich gegeben sind und die vorgeschlagenen Methoden erst praktisch geprüft werden sollten. Ohne diese praktischen Prüfungen schon andere oder ergänzende Vorschläge zu bringen, halte ich für unangebracht.

Daß auch bei der makroskopischen Prüfung in manchen Fällen die mikroskopische nicht zu umgehen ist, ergibt sich aus der Gesteinsbeschaffenheit. Bei feinkörnigen und dichten Gesteinen wird sie wohl immer noch notwendig sein.

II.

Die Angaben über die chemische Untersuchung in der vorgeschlagenen Einschränkung dürften sehr zweckentsprechend sein,

Digitized by Google

denn im allgemeinen wird man schon durch die mineralogische Untersuchung, besonders unter Zuhilfenahme des Mikroskopes, genügende Anhaltspunkte für die in Betracht kommenden chemischen Verhältnisse gewinnen.

III.

Als von besonderer Wichtigkeit erachte ich die geologischen Untersuchungen der Steinbrüche als Erzängung der mineralogischen etc. Untersuchungen. Es ist hierbei nicht nur auf den jeweiligen Aufschluß im Steinbruch Rücksicht zu nehmen, sondern es ist auch die weitere Umgebung geologisch zu untersuchen, um festzustellen, in welcher Ausdehnung auf brauchbares Material zu rechnen ist und ob nicht Störungen irgendwelcher Art, wie sie durch Bruchzonen, Verwerfungen, Kontaktwirkungen etc. etc. hervorgerufen werden können, vorhanden sind. Besondere Wichtigkeit haben derartige Erscheinungen u. a. z. B. bei Kalksteinen. Bei der Untersuchung im Steinbruch ist auch gleichzeitig Rücksicht zu nehmen auf etwa vorhandene Verwitterungserscheinungen an dem dort auftretenden Gesteine.

Mit Recht betont Hirschwald die Notwendigkeit, die Gesteine, welche zu Bauzwecken bereits Verwendung gefunden haben, einer Kontrolle zu unterwerfen. Ich möchte diese Vorschläge nur wärmstens unterstützen, da durch regelmäßig sich wiederholende Beobachtungen der Wetterbeständigkeit der betreffenden Gesteine ein wertvolles Material für die Beurteilung der Verwendbarkeit der betreffenden Gesteine geschaffen wird.

In dem Hirschwaldschen Werke „Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit“ ist uns eine Arbeit gegeben, welche in einer bisher nicht bekannten Vollständigkeit alles bietet, was für eine Untersuchung der natürlichen Bausteine in Betracht kommen kann. Es kann nicht genug empfohlen werden, die Hirschwaldschen Vorschläge eingehendst zu berücksichtigen.

Im Anschluß an die von Hirschwald vorgeschlagenen Untersuchungsmethoden für Gesteine möchte ich befürworten die Untersuchungen vor allem der gesteinsbildenden Mineralien und der wichtigeren akzessorischen Mineralien noch eingehender fortzusetzen und besonders auch deren Angreifbarkeit durch die Atmosphärilien weiter zu verfolgen.

Digitized by Google

SONDERBERICHT

von Professor **J. A. Grutterink** in Delft.

Betreffend folgende Teile der Hirschwaldschen Prüfungsschemata:

1. **Allgemeine Bedeutung der mikroskopischen Untersuchung für die technische Gesteinsprüfung.**
2. **Identitätsbestimmung der Gesteine (mineralogische Zusammensetzung und allgemeine Struktur) durch das Mikroskop.**
3. **Feststellung der Kornbindung (Bindungszahl und Maß), der Natur des Bindemittels, der Porositätsverhältnisse und event. Schichtungstypen, desgl.**
4. **Feststellung des etwaigen Verwitterungsgrades der körnigen Gemengteile, desgl., unter Verwendung polarisierten Lichtes.**

Hirschwald betont in seinem Werke die Notwendigkeit, bei einer systematischen Prüfung der Bausteine auch die mikroskopische Untersuchung zu Hülfe zu nehmen. Wer die hervorragende Bedeutung kennt, welche das Mikroskop für die allgemeine Beschreibung der Gesteine in der Petrographie hat, und weiß, zu welcher Genauigkeit die mikroskopischen Methoden speziell in den letzten zwanzig Jahren ausgebildet worden sind, wird dies ohneweiters zugeben müssen.

Die mikroskopische Untersuchung gibt uns Kenntnis von der mineralogischen Zusammensetzung und allgemeinen Struktur der Gesteine. Nur durch sie läßt sich eine sichere Identitätsbestimmung durchführen. In dem gedachten Werke werden die Eigenschaften der Hauptgemengteile und die Methoden zu deren Erkennung kurz beschrieben, sowie im Anschluß daran einige Verbesserungen der Ausrüstung des petrographischen Mikroskops vorgeschlagen.

Auf Anregung von Hirschwald hat die bekannte Firma R. Fuess in Steglitz-Berlin ein Instrument konstruiert, das besser als die bis jetzt gebräuchlichen Mikroskope den Anforderungen der technischen Gesteinsuntersuchung entspricht. Es vereinigt die Vorteile eines im Mikroskoptubus angebrachten sogenannten Innen-Nicols mit denjenigen der gleichzeitigen Drehung von Polarisator, Analysator und Fadenkreuz. Außerdem werden dem Instrument einige Ergänzungs-

Digitized by Google

apparate beigegeben, von welchen speziell genannt werden mögen eine praktische Einrichtung zur Oberflächenbeleuchtung opaker Mineralien und das Planimeter-Okular. Letzteres enthält eine auf Glas gezeichnete feststehende Ordinate und in derselben Ebene eine mittelst seitlichen Triebes verschiebbare, ebenfalls auf Glas gezeichnete Abszisse. Diese Einrichtung ermöglicht in sehr bequemer Weise in Verbindung mit einem drehbaren Objekttische genaue Längemessungen in jeder Richtung, und unter Zuhilfenahme der Rosiwalschen Methode auch prozentische Flächenmessung.

Das Okular wird sich ohne Zweifel als nützlicher Nebenapparat in kurzem in der Petrographie überhaupt einbürgern. Es ist aber speziell bei den technischen Gesteinsuntersuchungen unentbehrlich, weil durch die von Hirschwald angegebenen und ausgearbeiteten Methoden das Mikroskop nicht nur zur Identifizierung der Gesteine dient, sondern auch direkt zur Qualitätsbestimmung eine überwiegende Rolle erlangt.

Die Qualität von Sandsteinen und Grauwacken wird stark beeinflußt durch die Dichtigkeit der Kornlagerung. Dieselbe kann durch die Bindungszahl und das Bindungsmaß bestimmt werden. Unter Bindungszahl (Bz) versteht Hirschwald die Anzahl der Körner, welche mit jedem einzelnen Korn in der Ebene des Dünnschliffes verbunden erscheinen; unter Bindungsmaß (Bm) den Quotienten aus der Summe derjenigen Teile des Kornumfanges, welche mit den anlagernden Körnern verwachsen sind und dem ganzen Kornumfange. Während mit der Kornbindungszahl im allgemeinen die Anzahl der Texturporen wächst, verringert sich die Größe derselben mit zunehmendem Bindungsmaß. Je größer der Quotient $\frac{Bm}{Bz}$ ist, desto größer sind die Flächen, mit denen die Körner aneinander haften und desto beträchtlicher also auch der Widerstand, den die Kornbindung den Verwitterungsagentien entgegensetzt Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Flächenbindung nicht immer eine kontinuierliche ist, und es muß der genannte Quotient $\frac{Bm}{Bz}$ mit einem Koeffizient, worin der Grad der Diskontinuität zum Ausdruck kommt, multipliziert werden, um ein richtiges Maß für die Wetterbeständigkeit des Gesteins zu sein.

Grauwacken enthalten an körnigen Gemengteilen neben Quarz in größerer oder kleinerer Zahl leicht verwitterbare Tonschiefer-

Digitized by Google

brocken, stark verwitterte Feldspatkörner usw. Bei der Ausmessung der Kornbindungszahl und des Kornbindungsmaßes werden dieselben außer Betracht gelassen. Dagegen ist bei Grauwacken mit kieseligem Porenzement die Ausfüllung der Poren den wetterbeständigen körnigen Bestandteilen zuzuzählen.

Es ist überhaupt die Art der Kornbindung eine der wichtigsten Merkmale zur Beurteilung der Qualität. Hirschwald unterscheidet unmittelbare Kornbindung, Bindung durch Kontaktzement und durch Basalzement. Bei unmittelbarer Kornbindung sind die einzelnen Quarzkörner ohne jedes Zwischenmittel mit einander verwachsen. Diese Bindung ist in der Regel von gleicher Festigkeit wie die der körnigen Bestandteile selbst.

Kommt die Verwachsung zustande durch ein zwischengelagertes Zement, so wechselt die Festigkeit sehr erheblich mit der Natur des Zementes. Die Bezeichnung Basalzement erhält das Zement, wenn es so reichlich vorhanden ist, daß es eine zusammenhängende Grundmasse bildet, in welche die einzelnen Quarzkörner eingelagert sind.

Die mineralogische Zusammensetzung dieses Zements festzustellen gestattet das Mikroskop nicht immer. Trotzdem leistet es bei der Identifikation desselben stets wertvolle Hülfe. Auf einer Tafel ist die Mikrostruktur von 12 bei Sandsteinen und Grauwacken öfters vorkommenden Bindemitteln zusammengestellt.

Eine gesetzmäßige Beziehung zwischen dem Bindemittelgehalt und dem Wetterbeständigkeitsgrade besteht nicht. Das Bindemittel ist nur teilweise als Kontaktzement vorhanden, teilweise aber als Füllmittel der Poren. Beide brauchen durchaus nicht von gleicher Beschaffenheit zu sein und diese Verschiedenheit wird durch die optische Untersuchung festgestellt und derselben bei der Qualitätsbestimmung Rechnung getragen.

Die Regelmäßigkeit der Kornbindung wird meist sehr erheblich beeinflußt durch die Schichtung. Sie kommt auf verschiedene Weise zustande und beeinträchtigt die Wetterbeständigkeit in sehr verschiedenem Maße. Durch das Mikroskop kann man die verschiedenen Typen feststellen und danach deren Einfluß auf die Dauerhaftigkeit des Gesteins beurteilen. Zwei Tafeln, worauf 15 verschiedene Typen abgebildet sind, illustrieren die erforderlichen Unterscheidungen.

Digitized by Google

Bei der mikroskopischen Untersuchung der Kalksteine behufs ihrer Qualitätsbestimmung ist ebenso wie bei Sandsteinen und Grauwacken auf die Art der Kornbindung und die speziellen Verhältnisse der Kornverwachsung zu achten.

Die verschiedenen Strukturtypen, der Porositätscharakter und der Grad der Schichtung beeinflussen hier wie dort die Qualität des Gesteins.

Es muß hier auch auf die Natur der differenten untergeordneten Einlagerungen Rücksicht genommen werden. Der Durchmesser der einzelnen Kalkspatkörner ist von Bedeutung, weil für die makrokristallinen, mesokristallinen, mikrokristallinen und pelitomorphen Kalksteine je ein besonderes Bewertungsschema gegeben ist.

Die feineren Bestandteile der Dachschiefer entziehen sich einer genauen Beobachtung durch das Mikroskop. Bei diesen Gesteinen ist es hauptsächlich die Ausbildungsweise der Glimmerlagen, welche durch die mikroskopische Untersuchung festgestellt werden soll, wie die Mikrostruktur der Glimmerlamellen, die morphologische Ausbildung der Glimmerlagen, ihre Stärke und die Anzahl auf 1 mm^2 Querschnitt.

Daneben wird die Qualität durch gewisse akzessorische Gemengteile beeinflußt.

Bei den körnigen Eruptivgesteinen sind die Größe und das Mengenverhältnis der einzelnen Bestandteile und das Gefüge von Bedeutung. Um die für diesen Zweck wichtigen Strukturverhältnisse der Eruptivgesteine überhaupt beschreiben zu können, teilt Hirschwald die Gesteine in 4 Klassen ein:

1. Gesteine mit durchweg „dispergenten" Gemengteilen, d. h. mit solchen, welche zerstreut durcheinander liegen, ohne daß einzelne derselben eine für sich zusammenhängende Aggregationsform bilden.

2. Gesteine mit mehr oder weniger vorherrschenden „symplexen" Gemengteilen, die unter sich ein netzartiges, maschenförmiges oder baumartig verzweigtes Skelett innerhalb der übrigen Bestandteile bilden.

3. Gesteine mit „syndetischer" Bestandmasse, welche als untergeordnete Zwischenmasse die Verbindung der vorherrschenden Gemengteile bewirkt. Diese Zwischenmasse kann glasig, mikro- oder kryptokristallinisch sein.

4. Gesteine mit „basaler" Bestandmasse, d. h. mit einer sehr reichlichen bis vorherrschenden zusammenhängenden Grundmasse.

Digitized by Google

die bei den Porphyren amorph bis mikrokristallinisch ist, bei anderen primären Felsarten aus dem grobkristallinen Aggregat eines einzelnen Gemengteiles bestehen kann. (Feldspat in gewissen Syeniten.)

Eine Tafel erläutert die 4 Grundtypen in Verbindung mit anderen Struktureigenschaften.

In hervorragender Weise wird aber die Wetterbeständigkeit der kristallinischen Silikatgesteine beeinträchtigt durch den Verwitterungsgrad der Gemengteile, speziell der Feldspate. Meistens zeigen dieselben infolge der Verwitterung eine wolkige Trübung. Solange diese aber lediglich durch mikroskopische Hohlräume entsteht, die Masse der Feldspate aber an sich klar ist und im polarisierten Licht eine einheitliche Interferenzfarbe aufweist, können sie als durchaus wetterbeständige Bestandteile betrachtet werden. Gefährlicher wird die Verwitterung erst, wenn sich Neubildungen innerhalb der Feldspate gebildet haben. Die verschiedenen Typen, welche nach Hirschwalds Beobachtungen sich hierbei unterscheiden lassen, sind auf 3 Tafeln zusammengestellt und es wird hierbei der Einfluß, welchen sie auf die Wetterbeständigkeit ausüben, des näheren erläutert.

Bei der Untersuchung von Porphyren soll die Natur der Einsprenglinge, das Mengenverhältnis, ihre morphologische Ausbildung, sowie der Verwitterungsgrad bestimmt werden. Beim Studium der Grundmasse, soweit die kleineren Dimensionen es erlauben, soll auf die nämlichen Merkmale geachtet werden, welche bei granitischen Gesteinen bestimmt wurden, speziell aber auch auf das Mengenverhältnis des etwaigen Quarzes Wert gelegt werden.

Bei kryptokristalliner und amorpher Ausbildung der Grundmasse wird öfters eine sekundäre Kieselinfiltration angetroffen. Solche stark kieselige Gesteine gehören zu den wetterbeständigsten Bausteinen.

Glasige Substanzen, deren Natur eventuell durch mikrochemische Reaktionen festzustellen ist, beeinflussen die Wetterbeständigkeit in ungünstigem Sinne.

Die Basalte werden mikroskopisch beurteilt nach der Mikrostruktur der Grundmasse, dem Gehalt an glasigen Bestandteilen, der Ausbildung des Augits in derselben, dem Mengenverhältnis der Grundmasse zu den Einsprenglingen, dem Verwitterungsgrad des Olivins und dem Gehalt an Eisenkies. Unter den Feldspatbasalten ist der größte Prozentsatz an wetterfesten Gesteinen gefunden

Digitized by Google

worden, aber auch die Nephelin-, Leucit- und Melilithbasalte erwiesen sich zum Teil als äußerst wetterbeständige Bausteine.

Es geht aus obigem hervor, daß dieselben Untersuchungsmethoden bei den verschiedenen Gesteinen immer wieder angewandt werden, wenn gleich in etwas abgeänderter Form. Es sind dies die gebräuchlichen Methoden der mikroskopischen Petrographie und die beschriebenen Strukturunterschiede sind jedem Petrographen bekannt.

Es fehlte aber bis jetzt ein System, das uns in den Stand setzte, aus den Beobachtungen Schlüsse auf die Wetterbeständigkeit der Gesteine zu ziehen. Hirschwald hat das große Verdienst, nach langjähriger, schwieriger Arbeit diese Lücke glänzend ausgefüllt zu haben. Nach dem Studium von Tausenden von Gesteinen in frischem und angegriffenem Zustande konnte festgestellt werden, welche Eigenschaften die Wetterbeständigkeit in günstigem und ungünstigem Sinne beeinflussen und in welchem Maße dies der Fall ist.

In seinem System bildet die mikroskopische Untersuchung das Gerüst, weil sie nicht nur für sich wertvolle Daten für die Qualitätsbestimmung liefert, sondern auch die Resultate der sonstigen Untersuchungen erklärt und ihre Beurteilung unter einheitlichen Gesichtspunkten ermöglicht.

Digitized by Google

SONDERBERICHT

von **J. Allen Howe**, Curator des Museum of Practical Geology in London.

Betreffend folgende Teile der Hirschwaldschen Prüfungsschemata:

1. **Allgemeine Bedeutung der empirischen, ziffernmäßigen Bewertung der einzelnen Gesteinseigenschaften (S. 234/236, 245/250) des Hirschwaldschen Werkes.**
2. **Qualitätsbestimmungen der Gesteine nach den Bewertungsschematen S. 330, 420, 490, 562 etc. eben daselbst.**

1. Die durch Versuche bestimmbare, zahlenmäßige Bewertung der besonderen Eigenschaften der Gesteine.

Gewisse Eigenschaften der Gesteine können gemessen und daher zahlenmäßig ausgedrückt werden. Hiezu gehören: Die chemische Zusammensetzung, das Mengenverhältnis der einzelnen Mineralbestandteile, insoweit sie chemisch isolierbar und mikroskopisch meßbar sind, die Wasseraufsaugungsfähigkeit, die absolute Porosität, das spezifische Gewicht, die Härte bei einfachen kompakten Gesteinen, Erweichungsfähigkeit im Wasser, die Widerstandsfähigkeit gegen chemische Agentien, die Druck- und Zugfestigkeit etc., die Widerstandsfähigkeit gegen Frost, die Größe des Kornes und der Poren.

Würden die Eigenschaften der Gesteine nur auf diesen charakteristischen Merkmalen beruhen, so wäre die direkte Beurteilung ihres relativen Wertes mit keiner besonderen Schwierigkeit verbunden; aber die Wetterbeständigkeit der Gesteine ist auch eine Funktion anderer, nicht zahlenmäßig zu bestimmender Eigenschaften.

Solche Eigenschaften sind: 1 Form, Verteilung und Aggregationsweise der einzelnen Gesteinsgemengteile. 2. Form und Zusammenhang der Poren. 3. Grad der etwaigen Parallelstruktur, Schichtung, Spaltbarkeit und andere morphologische Verhältnisse.

Während die Eigenschaften unter 1. durch einfache Versuchsmethoden ohneweiters numerisch bestimmbar sind, lassen sich diejenigen unter 2. nur nach Stufen oder Graden gruppieren. Die

Digitized by Google

bisherige Bestimmung derselben schwankte naturgemäß je nach dem individuellen Wissen und der Auffassung der verschiedenen Beobachter. Es mußte deshalb wünschenswert erscheinen, daß diese Unsicherheit durch stufenweise Abgrenzung beseitigt werde. Dies ist durch Hirschwald geschehen, der für jene Eigenschaften eine Skala in numerischer Folge aufgestellt hat.

Dadurch wird es möglich, die Beschaffenheit eines Gesteins durch eine Zahl auszudrücken, die seine Stellung in einer bestimmten Qualitätsreihe kennzeichnet. Mit Rücksicht auf die außerordentliche Zahl technisch verwertbarer Gesteinsarten ist dies die einzige Möglichkeit, den Grad und die Art einer Gesteinseigenschaft, die nicht direkt gemessen werden kann, zu fixieren.

Um einen einfachen zahlenmäßigen Ausdruck für die Qualitätsklasse eines Gesteins zu erhalten, derart, daß dadurch die Stellung desselben in einer Qualitätsskala gekennzeichnet wird, bestimmt man Q aus der Gleichung:

$$A + B + C \ldots\ldots\ldots + a + b + c \ldots\ldots\ldots = Q$$

darin sind A, B etc. meßbare Eigenschaften,
a, b etc. annäherungsweise geschätzte Eigenschaften.

Um eine Skala der Wetterbeständigkeit der Steine, nach Beobachtung an älteren Bauwerken zu erhalten, hat Hirschwald in Rechnung gezogen:

a) das Alter des Bauwerkes in Jahren,
b) Grad der Oberflächenwitterung (Fläche und Tiefe) in 6 Stufen,
c) Grad der inneren Gesteinsauflockerung (Tiefe in Zentimetern) in 6 Stufen.

Jede dieser Beobachtungen kann numerisch bestimmt werden und hienach kann die Einteilung der Bausteine in sechs Haupt-Qualitätsklassen, durch Zusammenstellung dieser Beobachtungen, als vollständig ausreichend betrachtet werden.

Andererseits teilt Hirschwald die Eigenschaften der Gesteine in drei Klassen: 1. prävalente, 2. subvalente, 3. akzessorische oder nebensächliche Eigenschaften.

Für jede Steinart sind Grundschemata aufgestellt worden, aus der die Qualität des Steines bestimmt werden kann. Diese Schemata wurden in der Weise gewonnen, daß die numerisch ausgedrücken prävalenten Steineigenschaften der entsprechenden Qualitätszahl gleichgesetzt wurden.

Digitized by Google

So erhält man z. B. (S. 249) für eine Reihe von Sandsteinen, wenn jeweilig die festgestellte Zugfestigkeit der Steine als Ordinaten, die Erweichungs-Koeffizienten als Abszissen eines Koordinatensystems aufgetragen werden, ein System von Kurven, die ein und derselben Qualitätsklasse angehören.

Aus solchen und ähnlichen in Koordinatensystemen dargestellten Beziehungen hat Hirschwald seine „Schemata" gebildet, und zwar vorerst durch Zeichnung der Qualitätskurven auf Grund der beobachteten Ergebnisse und dann durch Anwendung dieser Kurven zur Interpolation von Zwischenwerten.

Die so erhaltenen graphischen Aufzeichnungen bilden, wenn sie in Form von Tafeln zusammengestellt werden, das Schema zur Bestimmung des Qualitätswertes hinsichlich der Zugfestigkeit und Wassererweichung und aus dieser Tabelle kann die Qualitätsklasse irgend eines anderen Steines derselben Gruppe, soweit lediglich diese beiden Eigenschaften in Betracht kommen, bestimmt werden.

Die übrigen prävalenten Eigenschaften sind in gleicher Weise behandelt worden.

Aus den Diagrammen, die aus der Messung oder zahlenmäßigen Schätzung der subvalenten Steineigenschaften gewonnen werden, sind Ergänzungsschemata in gleicher Weise aufgestellt worden.

Die die Qualitätsklasse des Gesteins darstellende Zahl, welche aus dem Grundschema erhalten wurde, wird durch jene, welche die Ergänzungsschemata ergeben, abgeändert. Zu erwähnen ist hiebei (S. 249), daß, wie die Erfahrung zeigt, im allgemeinen der Wetterbeständigkeitsgrad der Gesteine durch diese Ergänzungen um kaum $^1/_4$ der Qualitätsklasse verändert wird.

2. Die Bewertung der Gesteinsqualität.

Nach der vorstehend angedeuteten Methode hat Hirschwald Schemata und Ergänzungstafeln für jede der wichtigen Steinarten zusammengestellt. Es war dies erforderlich, weil die einzelnen Varitäten im Grunde genommen verschiedene Materialien darstellen und jede nach ihren besonderen Eigenschaften beurteilt werden muß.

Wenn wir vorerst die Ergänzungsschemata mit Rücksicht auf ihren geringen Einfluß vernachlässigen, so sehen wir, daß die Grundschemata vorzugsweise auf der mikroskopischen Prüfung der

Digitized by Google

Gesteine beruhen, das heißt, daß sie teils auf vergleichsweiser Messung, teils auf vergleichsweiser Beobachtung des Grades struktureller Gesteinseigenschaften mit Hülfe des Mikroskopes gegründet sind.

Die übrigen Eigenschaften beeinflussen die Gesteinsqualität nur zum geringen Teil in erheblicher Weise; in den meisten Fällen verändern sie die Qualitätsklasse nur in untergeordnetem Maße.

Es bildet demnach die mikroskopische Untersuchung mit ihrer systematischen numerischen Festlegung der Gesteinseigenschaften nicht nur die Grundlage für Wertschemata, sondern sie ist auch in der Mehrzahl der angeführten Beispiele an sich geeignet, für alle praktischen Zwecke die Steinqualitätsklasse genügend zu kennzeichnen. Die Korrekturen, die durch die Ergänzungsschemata sich als notwendig zeigten, waren in der Mehrzahl der Fälle nur gering. Ausnahmen bildeten vorzugsweise die frostunbeständigen Gesteine.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß in allen den Fällen, in denen eine genügende Anzahl von Baugesteinen verschiedenen Alters geprüft und ihre Wetterwiderstandsfähigkeit in genaue Beziehung zu ihrer mikroskopischen Charakteristik und zu den physikalischen und chemischen Eigenschaften gebracht werden konnten, die Hirschwaldschen Schematabestimmungen eine geeignete und befriedigende Methode darbieten, um einen Qualitätsvergleich für Steine verschiedener Beständigkeitsklassen zu erzielen.

Für einige seltenere Steingattungen dürfte es sich empfehlen, weitere Beobachtungen anzustellen, bevor aus den Grund- und Ergänzungsschemata die Qualitätszahlen und Korrekturgrößen endgültig abgeleitet werden.

Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß die Anwendung von Zahlenwerten, wie sie von Hirschwald gegeben werden, die Aufgabe erleichtert und vereinfacht, die Gesteine nach ihrer Qualitätsklasse zu bestimmen. Der Gebrauch numerischer Stufung ermöglicht jede einzelne Gesteinseigenschaft in Rechnung zu ziehen und vermeidet die bisherige Unsicherheit, die durch die Notwendigkeit herbeigeführt wurde, gewisse wichtige Steineigenschaften mit allgemeinen Bezeichnungen, wie „gering“, „mehr“, „sehr“ zu behandeln. Jetzt sind wir in der Lage, die einzelnen kleinen Unterschiede im Gefüge und in der Bindung der Bestandteile mittels eines wissenschaftlichen Wertungsschemas in Rechnung zu stellen.

Digitized by Google

Schließlich möchte ich folgende Ratschläge zu geben mir erlauben:

1. daß Professor Hirschwald veranlaßt werde, die Schemata zu erweitern, indem er die Versuche auf Steinvarietäten ausdehnt, die er in seinem Werke noch nicht behandelt hat;

2. daß diese Schemata, nachdem sie auch anderweitig eine praktische Prüfung erfahren haben, von den Prüfungsanstalten als Norm für die Untersuchung angenommen werden;

3. da die Schemata in erster Linie auf mikroskopischer Untersuchung beruhen, und da diese, soferne sie gute Ergebnisse liefern soll, seitens des Prüfenden große Erfahrung erfordert und da endlich die „Beurteilung" des Prüfenden stets einen wichtigen Faktor bei dieser Untersuchungsart bildet, möchte ich die Herstellung einer Reihe von Mustertypen jeder Steinart empfehlen, deren numerischer Wertgrad von Professor Hirschwald bestimmt werden sollte und die durch Prüfungsanstalten und von anderen Interessenten käuflich erworben werden könnten.

Ohne die Vergleichung mit solchen Mustertypen glaube ich, daß die Benutzung der Schemata trotz der bewunderungswürdigen Abbildungen im Werke, sich in manchen Fällen nicht leicht gestalten wird.

Zusammenfassende Bemerkungen.

1. Alle einzelnen Eigenschaften der Gesteine lassen sich zahlenmäßig feststellen, wenn auch der Genauigkeitsgrad bei Wertung verschiedener Eigenschaften verschieden ist.

2. Die Wetterwiderstandsfähigkeit der Steine läßt sich in einfacher und leicht vergleichbarer Weise durch Anwendung der Hirschwaldschen Wertschema bestimmen.

3. Die Zuverläßlichkeit der Wertschema hängt ab:

a) von der Zahl und der Genauigkeit der festgestellten Wechselbeziehungen zwischen der beobachteten Wetterbeständigkeit der Gesteine in Bauten und den gemessenen und zahlenmäßig geschätzten Gesteinseigenschaften;

b) von der sachgemäßen Anwendung der Prüfungsmethoden und deren allgemeiner Verwertbarkeit;

c) von der Übereinstimmung, welche verschiedene Beobachter mit diesen Methoden erzielen.

Digitized by Google

4. Die Wertschemata geben die ziffernmäßig exaktesten Resultate für Sandsteine; aber sie liefern praktisch hinreichende Ergebnisse auch für alle anderen Steinarten.

5. Die Zusammenstellung einer Reihe der wichtigsten Strukturtypen in Dünnschliffen wird wesentlich dazu beitragen, die Ausführung der Bestimmungen zu erleichtern.

Digitized by Google

SONDERBERICHT

von Oberbaurat Prof. **A. Hanisch**, Wien.

Betreffend folgende Teile der Hirschwaldschen Prüfungsschemata:

1. **Festigkeitsprüfung zur Bestimmung:**
   a) **der Kornbindungsintensität der Gesteine,**
   b) **der Erweichungsfähigkeit im Wasser.**
2. **Porositätsbestimmungen.**
3. **Experimentelle Frostprüfung.**
4. **Theoretische Frostprüfung durch Bestimmung des Sättigungs- und Verteilungskoeffizienten.**
5. **Färbungsprobe zur Bestimmung des Gleichmäßigkeitsgrades des Gesteinsgefüges.**
6. **Zweckmäßigkeit der aufgestellten Qualitätsklassen der Gesteine nach der Tabelle auf Seite 240/41 des Hirschwaldschen Werkes.**

ad 1a. Festigkeitsprüfung zur Bestimmung der Kornbindungsintensität der Gesteine.

Die für die Beurteilung der Gesteine höchst wichtige Kornbindungsintensität ist in exakter Weise wohl nur durch Anwendung einer einwandfreien Zugprobe zu bestimmen möglich. Die Größe des Widerstandes gegen Zerreißen eines Körpers (die Zugfestigkeit) ist das absolute Maß seiner Kohäsion, ist die einzige wirkliche, reine Festigkeit eines Körpers und entspricht allein den zur Bestimmung der Kornbindungsintensität zu stellenden Anforderungen.

Die genaue Untersuchung der Zerreißfläche mit Zuhilfenahme einer scharfen Lupe ist unerläßlich, um namentlich feststellen zu können, auf welche Bestandteile beziehungsweise Kornbindungen im Gestein sich die erhaltenen Festigkeitswerte beziehen. Die Reduktion des erhaltenen Festigkeitsresultates auf das porenfreie Material, wie selbe Hirschwald vorschlägt, erscheint zur Erzielung vergleichbarer Ergebnisse als von besonderer Wichtigkeit.

ad 1b. Festigkeitsprüfung zur Bestimmung der Erweichungsfähigkeit im Wasser.

Daß auch für die Bestimmung des Erweichungskoeffizienten $\frac{\text{Festigkeit im wassersatten Zustande}}{\text{Festigkeit im trockenen Zustande}}$ eine verläßliche Zugfestigkeits-

Digitized by Google

probe vor der Prüfung auf Druckfestigkeit den Vorzug verdient, leuchtet ohne weiters ein. Wenn aber, wie dies die Baupraxis fast immer verlangt, Druckproben mit den Steinen vorzunehmen sind, so können zur Bildung des Erweichungskoeffizienten auch diese herangezogen werden, was möglich ist, da hierbei lediglich relative Werte in Betracht kommen. Jedenfalls werden hier Kontrollversuche erforderlich sein, um zu bestimmen, inwieweit die nach verschiedenen Methoden erhaltenen Resultate eine Übereinstimmung zeigen.

Ob an der von Hirschwald gewählten Form der Zugprobekörper festgehalten werden soll, wäre ebenfalls durch Versuche, und zwar an solchen von verschiedener Form zu entscheiden. Erforderlich wird hierbei aber, in Rücksicht auf die Ungleichmäßigkeit des Gesteinsmateriales, die Ausdehnung der Versuche auf eine genügend große Zahl von Probekörpern.

In „Hirschwald, Bautechnische Gesteinsuntersuchungen, 1. Jahrg. 1910, Heft 1", finden sich Beiträge zur Bestimmung der Erweichungskoeffizienten natürlicher Bausteine von R. Schenck. Darin ist nachgewiesen, daß das Scheerverfahren bei dieser Bestimmung als Ersatz für die Zugfestigkeitsprüfung durchaus geeignet erscheint. In Fällen, wo die Schubfestigkeit eines Steines im trockenen Zustande zu bestimmen ist, wäre demnach das Scheerverfahren ohne weiters auch für die Ermittlung der Erweichungsfähigkeit in Anwendung zu bringen; ob dasselbe aber für diesen Zweck ganz an die Stelle der Zugprobe treten könnte, ist doch fraglich. Um dieses zu entscheiden, bedürfte es wieder umfangreicherer, vergleichender Versuche. Schubfestigkeitsprüfungen behufs Bestimmung des Erweichungskoeffizienten dürften aber einen Ersatz der Zug- oder Druckfestigkeitsprüfungen in solchen Fällen bilden, wo ausreichendes Material für die letzteren nicht zu erlangen ist, also namentlich bei der Untersuchung des Gesteins alter Bauwerke.

Statt die Dauer der Wassereinwirkung bei kristallinischen und dichten Gesteinen mit 30 Tagen, die der porösen Steine mit 10 Tagen anzusetzen, dürfte es sich empfehlen, an den Beschlüssen der Konferenzen zu München, Dresden, Berlin und Wien festzuhalten, und die Wasseraufnahme aller Gesteine in der Weise durchzuführen, daß die Körper 1 bis 2 cm tief ins Wasser tauchen, erst nach und nach unter Wasser gebracht werden und dort solange liegen bleiben, bis sich keine wesentliche Gewichtsveränderung

Digitized by Google

mehr zeigt, was wohl gewöhnlich innerhalb 8 Tagen der Fall ist. Für sedimentäre Gesteine und primäre Gesteine, deren Bestandteile nicht mehr frisch sind, findet man hiermit wohl ein Auslangen. Bei frischen kristallinischen Gesteinen ist aber von einer Wassererweichung ohnehin nicht die Rede. Eine 30tägige Wasserlagerung würde auch, insbesondere in Verbindung mit einem darauffolgenden 25maligem Gefrieren die Versuchszeit zum Leidewesen der stets auf möglichst rasche Erledigung drängenden Antragsteller sehr lange hinausziehen. Nur wenn ein Material speziell auf seine Verwendung zu Wasserbauten geprüft werden soll, könnte vorsichtshalber an einer längeren Wasserlagerung festgehalten werden.

Der von Hirschwald in Vorschlag gebrachte Ersatz der Festigkeitsprüfung durch eine Härteprüfung bei Bestimmung der Wassererweichung von Dachschiefern erscheint sehr zweckmäßig; doch erzielte der Gefertigte auch durch Bestimmung der Biegungsfestigkeit von Schiefern im trockenen und nassen Zustande, bei gleichzeitiger Ermittlung der Wasseraufnahme, recht brauchbare Vergleichswerte. (Siehe Berichte der internationalen Konferenz in Zürich 1895 und des Brüsseler Kongresses 1906.)

2. Porositätsbestimmungen.

Zur Bestimmung des Porositätskoeffizenten, d. h. des Porengehaltes in Vol. % des Gesteines ist das spezifische Gewicht s des Gesteinspulvers und das Raumgewicht v der Kubikeinheit des Materiales einschließlich seiner Poren in gewöhnlicher Weise zu ermitteln. Auch die Angabe des Dichtigkeits- respektive Undichtigkeitsgrades $\left(\frac{v}{s} \text{ und } 1 - \frac{v}{s}\right)$ erscheint für Bausteine zweckmäßig.

3. Experimentelle Frostprüfung.

Sind mit einem Gesteine nur Wetterbeständigkeitsproben vorzunehmen, so würde sich die Einbeziehung einer verläßlichen Zugfestigkeitsprüfung wohl ganz besonders empfehlen. Stehen indes, wie dies zumeist der Fall ist, Druckfestigkeitsbestimmungen in Antrag, so sind diese zur Frostprobe heranzuziehen. An einem 25maligen Gefrieren und Wiederauftauen wäre, weil schon überall eingebürgert, festzuhalten. Da ferner bei den Anträgen auf Prüfung der Frostbeständigkeit nur in den seltensten Fällen angegeben erscheint, ob die Steine im Hoch- oder Wasserbau Verwendung finden sollen, so dürfte es sich auch empfehlen, bei der vorerwähnten

Digitized by Google

Art der Wasseraufnahme zu bleiben. Der genaue Verfolg der Frostproben gibt dann ohnehin Aufschluß über den größeren oder geringeren Widerstand gegen den Frost. Zerfriert das Gestein bei der Probe oder erleidet es doch eine namhafte Festigkeitsverminderung, dann dürfte es sich, wenn gewünscht, allerdings empfehlen, noch zu untersuchen, ob das Material nicht bei geringerer Wassersättigung intakt bleibt und demnach als Hochbaugestein mittlerer Qualität verwendbar erscheint. Sollte es sich jedoch speziell um die Verwendung sehr weicher Gesteine für Hochbauzwecke handeln, so würde es genügen, dem Froste eine höchstens 3tägige Wasserlagerung vorangehen zu lassen. Um einerseits einen Vergleich mit der ursprünglichen Trockenfestigkeit zu ermöglichen und andererseits die schärfste Wirkung zu erzielen, ist eine gleiche Anzahl von Körpern im trockenen und nassen Zustande nach dem 25maligen Gefrieren zu erproben.

4. Theoretische Frostprüfung durch Bestimmung des Sättigungs- und Verteilungskoeffizienten.

Diese von Hirschwald in Vorschlag gebrachte Probe ist sehr zutreffend, und wäre daher genau nach derselben zu verfahren.

5. Färbungsprobe zur Bestimmung des Gleichmäßigkeitsgrades des Gesteinsgefüges.

Hier gilt das gleiche wie für Punkt 4.

6. Zweckmäßigkeit der aufgestellten Qualitätsklassen der Gesteine nach der Tabelle auf S. 240/41 des Hirschwaldschen Werkes.

Der Gebrauch dieser aus den umfangreichen, vorzüglichen Arbeiten Hirschwalds resultierenden Tabelle erscheint sehr zweckmäßig. Hierzu erlaubt sich jedoch der Gefertigte folgendes zu bemerken. In der langen, mehr als $^1/_4$ Jahrhundert währenden Wirksamkeit desselben auf dem Gebiete der Bausteinprüfung kamen fast gar keine Steine aus älteren Bauwerken zur Erprobung. Die Steinbrüche, welche für alte, bedeutendere Bauten hier Material lieferten, sind fast durchwegs ausgebeutet und geben in den weitaus meisten Fällen keinen geeigneten, vergleichbaren Stein mehr, so daß es sich immer um neue Aufschlüsse handelte, deren Material zu erproben war. Dem Gefertigten fehlt daher in dieser Hinsicht jede Erfahrung.

Digitized by Google

Schluß-Resumé.

Zur exakten Bestimmung der Kornbindungsintensität ist eine einwandfreie Zugfestigkeitsprobe nicht zu entbehren.

Für praktische Zwecke ist zur Ermittlung des Erweichungskoeffizienten und der Frostbeständigkeit die Druckprobe an Würfeln vollständig geeignet.

Auch die Schubfestigkeit kann für diesen Zweck herangezogen werden.

Zur Kontrolle der nach verschiedenen Methoden erhaltenen Resultate wären indes noch umfangreiche Versuche auszuführen. Der von Hirschwald aufgestellten Art der Porositätsbestimmungen, der theoretischen Frostprüfung und Färbungsprobe kann der Gefertigte voll und ganz zustimmen.

Digitized by Google

ÄUSSERUNG

des Geheimrat Prof. Dr. **J. Hirschwald,** Berlin.

Von dem Obmann der Kommission 7, Herrn Oberbaurat Professor A. Hanisch bin ich ersucht worden, mich zu den von den Herren Mitgliedern des Ausschusses erstatteten Sonderberichten zu äußern.

Die Absicht des Ausschusses, der Kommission eine Unterlage für die Entscheidung darüber zu geben, ob es angemessen erscheint, das fragliche Prüfungsverfahren in seiner Allgemeinheit den Materialprüfungsanstalten zu empfehlen, dürfte durch die vorliegenden Berichte hinlänglich erreicht sein.

Auf Einzelheiten glaube ich nicht näher eingehen zu sollen, da es erst später, nachdem seitens der Prüfungsanstalten praktische Erfahrungen hinsichtlich der Anwendung der Methoden gewonnen worden sind, an der Zeit sein wird, dem Internationalen Kongreß eine spezielle Vorlage über die aufzustellenden Prüfungsnormen zu unterbreiten.

Ich beschränke mich deshalb auf den Hinweis, daß das in dem Werk: „Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit", Berlin 1908, beschriebene Verfahren in erster Linie dazu bestimmt war, die eingehende Untersuchung einer umfangreichen Zahl alter Baugesteine auf ihre für den Wetterbeständigkeitsgrad in Betracht kommenden Eigenschaften durchzuführen, um nach Maßgabe der gewonnenen Ergebnisse eine Methode der technischen Gesteinsprüfung zu begründen.

Hierzu war es erforderlich, die fraglichen Untersuchungen, wie andererseits die Unterscheidung der einzelnen Beständigkeitsklassen, über das praktische Bedürfnis der Gesteinsprüfung hinaus, derartig zu spezialisieren, daß hierdurch eine möglichst exakte Bewertung der Gesteinseigenschaften, durch Feststellung ihrer Beziehungen zur Erhaltungsdauer der Gesteine zu ermöglichen war. Diese Forderung führte zur Aufstellung von 7 Qualitätsklassen, zwischen denen je 3 Unterabteilungen eingeführt wurden, so daß 25 Beständigkeitsgrade unterschieden worden sind.

Digitized by Google

Nachdem auf diese Weise die Bewertung der Gesteinseigenschaften durchgeführt worden ist, wird es sich darum handeln, eine Vereinfachung des Prüfungsverfahrens, gemäß den praktischen Anforderungen, zu bewirken.

In erster Linie ist hiebei in Betracht zu ziehen, daß dem technischen Bedürfnis durchaus Genüge geschehen dürfte, wenn das Prüfungsergebnis die Bewertung des untersuchten Gesteins nach einer der 7 Hauptklassen ermöglicht. Wird dies aber anerkannt, so vereinfachen sich auch ohne weiteres die Prüfungsmethoden in sehr erheblichem Maße.

Insbesondere kann die Kornbindungsfestigkeit und ihre Verminderung durch Einwirkung des Wassers aus der Druckfestigkeit der trockenen und wassergelagerten Proben mit hinreichender Genauigkeit abgeleitet werden; der hieraus gewonnene Erweichungskoeffizient gibt einen genügenden Anhalt für die Beurteilung der physikalischen Eigenschaften des Bindemittels, so daß sich die Schlämmuntersuchung als entbehrlich erweist und was dergleichen Vereinfachungen mehr sind.

Demnach würde sich die praktische Gesteinsprüfung im allgemeinen auf folgende Bestimmungen zu beschränken haben:

1. Mineralogische Untersuchung der Gesteine auf ihre äußerlich erkennbaren Eigenschaften;
2. Mikroskopische Untersuchung zur Feststellung der speziellen mineralogischen Zusammensetzung und Struktur der Gesteine;
3. Druckfestigkeitsprüfung der trockenen und wassergelagerten Gesteine, zur ziffermäßigen Bestimmung ihrer Kornbindungsfestigkeit und zur Charakterisierung ihres Bindemittels;
4. Wasseraufnahmebestimmungen zur Feststellung des Sättigungskoeffizienten und des daraus abzuleitenden Frostbeständigkeitsgrades;
5. Experimentelle Frostprüfung.

Nur in gewissen Fällen wird die Ausführung einer chemischen Untersuchung und anderer Spezialmethoden, wie der Färbungsprüfung und der Feststellung der Wasserverteilung („Verteilungskoeffizient") erforderlich erscheinen.

Digitized by Google

Unerläßlich ist dagegen die Untersuchung des betreffenden Gesteinsvorkommens im Bruch, behufs angemessener Auswahl der zu untersuchenden Proben.

Dieser praktischen Ausführung der Gesteinsprüfung ist bereits in dem bis zu Ostern 1912 vollständig erscheinenden Werk: „Handbuch der bautechnischen Gesteinsprüfung", Verlag von Gebr. Bornträger, Berlin, Rechnung getragen worden.

Der Anregung des Herrn J. Allen Howe, betreffend die Zusammenstellung kleiner Sammlungen von Dünnschliffen charakteristischer Gesteine zur vergleichsweisen Bestimmung der Strukturtypen und der davon abhängigen Qualitätsklassen, soll sobald als möglich Folge gegeben werden.

Antrag der Kommission 7:

Die Hirschwaldsche Methode der Prüfung natürlicher Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit wird den Materialprüfungsanstalten zur Einführung empfohlen und es werden dieselben ersucht, ihre Erfahrungen mit dieser Methode seinerzeit der Kommission 7 bekanntgeben zu wollen. Die genannte Kommission hat diese Eingänge zusammenzustellen und darüber dem nächsten Kongresse zur Beschlußfassung hinsichtlich der aufzustellenden Normen Bericht zu erstatten.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XIX$_2$

MITTEILUNG ÜBER DIE WERKZEUGE ZUR PRÜFUNG VON PFLASTERMATERIALIEN.

Von **P. Labordère,** Ingénieur des Ponts et Chaussées, und **F. Anstett,** Leiter der Materialprüfungsanstalt der Stadt Paris.

(Übersetzt von Dr. Ing. H. Marcus, Berlin.)

Die Stadt Paris kauft ungefähr drei Millionen neue Pflastersteine jährlich; hiefür ist eine Ausgabe von mehr als 1,600.000 Frcs. erforderlich.

Es ist unbedingt notwendig, die Qualität dieser Materialien sehr genau prüfen zu können. Die Prüfungsanstalt, welche mit der Untersuchung betraut ist, muß daher über eine vollständige Ausrüstung verfügen, die eine rasche und zuverlässige Prüfung aller Pflastermaterialien ermöglicht. Hiebei kommen sowohl die von den Unternehmern gelieferten Baustoffe in Betracht als die von neu eröffneten Steinbrüchen gewonnenen Materialien, welche der Verwaltung zwecks etwaiger Verwendung angeboten werden.

Die Prüfungsanstalt führt seit vierzig Jahren Untersuchungen über den Zerdrückungswiderstand der Pflastersteine und ihre Abnutzung infolge der Reibung durch. Die Ausrüstung, welche bisher den Anforderungen offenbar nicht genügte, ist neuerdings vervollständigt worden, und zwar einerseits durch die Abänderung und die Vervollkommnung alter Apparate und andererseits durch die Beschaffung neuer Versuchseinrichtungen.

In der vorliegenden Mitteilung werden diese Einrichtungen in zwei Abschnitten besprochen; zunächst werden die Werkzeuge für die Zubereitung der Proben und dann die Prüfungsapparate selbst beschrieben.

Digitized by Google

I. Werkzeuge für die Zubereitung der Probematerialien.

Die Zubereitung der Proben umfaßt zweierlei Arbeiten: das Ausschneiden und das Schleifen.

A. Das Ausschneiden der Proben wird mit der schraubenförmigen Bandsäge ausgeführt. Dieses Werkzeug besteht aus drei Stahldrähten von 30 m Länge und 3 mm Durchmesser, die je ein endloses Band bilden und sich in einer lotrechten Ebene mit einer Geschwindigkeit von 7 m in der Sekunde bewegen. Die immer gleichbleibende Spannung der Drähte wird durch ein Gegengewicht reguliert. Die Säge stützt sich gegen die auszuschneidende Probe; letztere ist auf einer Platte befestigt, die in der Mitte des Gestells ruht, an welches die Leitrollen zur Führung der Drähte angeschlossen sind. Die Drähte reißen ein aus Sandkörnern und Stahlsplittern bestehendes Pulver mit sich, das von einem Wasserstrahl ständig befeuchtet wird und die Abnutzung beschleunigen soll. Bei einem Granit mittlerer Härte schreitet das Aussägen stündlich um 5 cm fort.

B. Das Schleifen. Die Bandsäge hinterläßt an der Oberfläche der Probesteine einige Unebenheiten, deren Beseitigung notwendig ist, um so mehr, als bei den zu prüfenden Steinen die Flächen vollkommen eben und parallel sei müssen.

Um dieser Anforderung zu genügen, benutzen wir eine aus einem Kranz von Karborundum bestehende Schleifmaschine mit 1400 Umdrehungen; vor dem Kranz befindet sich eine mit dem Gestell verbundene gußeiserne Führungsscheibe.

II. Prüfung der Probematerialien.

Durch die Prüfung werden die folgenden Festigkeitseigenschaften untersucht:

a) Der Zerdrückungswiderstand,

b) der Stoßwiderstand,

c) der Widerstand gegen Abnutzung durch Reibung.

A. Zerdrückungsversuche. Der Zerdrückungswiderstand wird mit Hilfe einer hydraulischen Presse von 250 Tonnen Druckkraft an Probewürfeln von 5 cm Kantenlänge bestimmt.

Diese Prüfung weist keine beachtenswerten Einzelheiten auf.

B. Stoßversuche. Die Anstalt verfügt über eine Ramme mit lotrecht freifallendem Bären, welche Versuche bei allen Fallhöhen von 5 cm bis 3 m ermöglicht.

Digitized by Google

Um nötigenfalls Versuche mit verschiedenen Lasten anstellen zu können, lassen sich mehrere Rammbären gegenseitig auswechseln.

Zur Prüfung von Pflastermaterialien wird ein Bär von 6 kg Gewicht bei 1 m Fallhöhe verwandt.

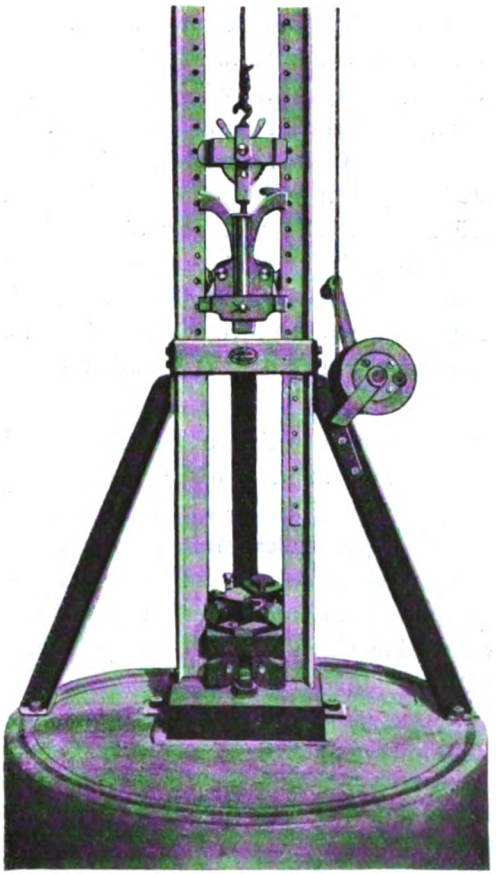


Fig. 1.

Der obere Teil des Bären ist mit einer Bremse versehen, die durch die Stoßwirkung ausgeklinkt wird und augenblicklich die Masse nach dem Rückprall zum Stillstand bringt. In dieser Weise werden die nachträglichen Stöße, die bei einem wiederholten Aufspringen entstehen müßten, vermieden.

Digitized by Google

I. Werkzeuge für die Zubereitung der Probematerialien.

Die Zubereitung der Proben umfaßt zweierlei Arbeiten: das Ausschneiden und das Schleifen.

A. Das Ausschneiden der Proben wird mit der schraubenförmigen Bandsäge ausgeführt. Dieses Werkzeug besteht aus drei Stahldrähten von 30 m Länge und 3 mm Durchmesser, die je ein endloses Band bilden und sich in einer lotrechten Ebene mit einer Geschwindigkeit von 7 m in der Sekunde bewegen. Die immer gleichbleibende Spannung der Drähte wird durch ein Gegengewicht reguliert. Die Säge stützt sich gegen die auszuschneidende Probe; letztere ist auf einer Platte befestigt, die in der Mitte des Gestells ruht, an welches die Leitrollen zur Führung der Drähte angeschlossen sind. Die Drähte reißen ein aus Sandkörnern und Stahlsplittern bestehendes Pulver mit sich, das von einem Wasserstrahl ständig befeuchtet wird und die Abnutzung beschleunigen soll. Bei einem Granit mittlerer Härte schreitet das Aussägen stündlich um 5 cm fort.

B. Das Schleifen. Die Bandsäge hinterläßt an der Oberfläche der Probesteine einige Unebenheiten, deren Beseitigung notwendig ist, um so mehr, als bei den zu prüfenden Steinen die Flächen vollkommen eben und parallel sei müssen.

Um dieser Anforderung zu genügen, benutzen wir eine aus einem Kranz von Karborundum bestehende Schleifmaschine mit 1400 Umdrehungen; vor dem Kranz befindet sich eine mit dem Gestell verbundene gußeiserne Führungsscheibe.

II. Prüfung der Probematerialien.

Durch die Prüfung werden die folgenden Festigkeitseigenschaften untersucht:

a) Der Zerdrückungswiderstand,

b) der Stoßwiderstand,

c) der Widerstand gegen Abnutzung durch Reibung.

A. Zerdrückungsversuche. Der Zerdrückungswiderstand wird mit Hilfe einer hydraulischen Presse von 250 Tonnen Druckkraft an Probewürfeln von 5 cm Kantenlänge bestimmt.

Diese Prüfung weist keine beachtenswerten Einzelheiten auf.

B. Stoßversuche. Die Anstalt verfügt über eine Ramme mit lotrecht freifallendem Bären, welche Versuche bei allen Fallhöhen von 5 cm bis 3 m ermöglicht.

Digitized by Google

Um nötigenfalls Versuche mit verschiedenen Lasten anstellen zu können, lassen sich mehrere Rammbären gegenseitig auswechseln.

Zur Prüfung von Pflastermaterialien wird ein Bär von 6 kg Gewicht bei 1 m Fallhöhe verwandt.

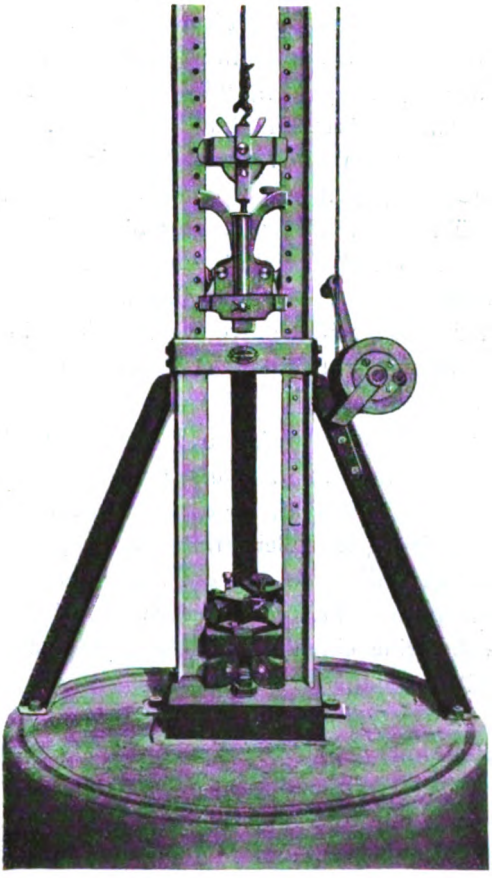


Fig. 1.

Der obere Teil des Bären ist mit einer Bremse versehen, die durch die Stoßwirkung ausgeklinkt wird und augenblicklich die Masse nach dem Rückprall zum Stillstand bringt. In dieser Weise werden die nachträglichen Stöße, die bei einem wiederholten Aufspringen entstehen müßten, vermieden.

Digitized by Google

Der Probewürfel von 5 cm Kantenlänge ist in einem Rahmen befestigt, der an dem Unteramboß angeschraubt ist. An den vier Seitenwänden dieses Rahmens sind Federn angebracht, die auf den Würfel vermittelst dazwischen liegender Stahlplatten einen gleichmäßigen Druck von 6 kg ausüben.

Der Würfel ragt um 1 cm über den Rahmen heraus. Wenn die untere Fläche des Bären und die Kopffläche des Würfels nicht vollkommen parallel sind, so könnte der Stoß in schräger Richtung erfolgen. Um dies zu vermeiden, wird der Würfel gewissermaßen mit einem Hut aus gehärtetem Stahl abgedeckt. Die Innenfläche desselben ist vollkommen eben und lehnt sich vermittelst seitlich angebrachter Federn gegen die Kopffläche des Würfels, so daß eine innige Berührung erzielt wird. Der obere Teil des Hutes hat die Gestalt einer sphärischen Kalotte und kann daher jeden Schlag des Bären auf die ganze Fläche des Probewürfels übertragen.

Die Anzahl von Schlägen, welche zur Entstehung des ersten Risses und sodann zur vollständigen Abbröcklung erforderlich ist, wird vermerkt.

C. Versuche über die Abnutzung durch Reibung. Für Abnutzungsversuche werden in Frankreich Apparate, welche nach dem System Dorry gebaut sind, angewandt. Sie bestehen aus einer wagrechten, kreisförmigen gußeisernen Scheibe, die sich in ihrer Ebene dreht; gegen dieselbe lehnen sich die Probesteine. Die Mängel dieser Apparate sind uns wiederholt aufgefallen. Während nämlich die Probesteine einen rechteckigen Querschnitt aufweisen, haben ihre Berührungspunkte mit der Scheibe konzentrische Kreise zur Bahn und daher erfolgt die Abnutzung sowohl der Scheibe wie der Würfel in unregelmäßiger Weise. Es ist aus diesem Grunde ziemlich schwer, die Abnutzung zu messen, und wenn die Versuche mit ungleich abgenutzten Scheiben durchgeführt werden, so lassen sich die Ergebnisse kaum miteinander vergleichen.

Ein neuer, von uns erfundener und gebauter Apparat hat sich dagegen in jeder Hinsicht bewährt.

Er besteht aus einer gußeisernen Trommel mit wagrechter Drehachse. Die Probewürfel werden in Rahmen gestellt, deren Rollen in lotrechten Rillen gleiten können, und berühren längs einer Leitlinie den oberen Teil der Trommel. In geringer Entfernung von der jeweiligen Berührungsebene fallen aus zwei normierten Trichtern pulverisierte Sandkörner und Wassertropfen.

Digitized by Google

Der Trommeldurchmesser ist zu 60 cm gewählt worden, damit der Berührungsbogen der Probewürfel eine sehr schwache Krümmung aufweist. Nach einigen Umdrehungen hat sich bereits die untere Fläche der Würfel so weit gekrümmt, daß sie sich an die Trommeloberfläche vollkommen anschmiegt. Dann wird die

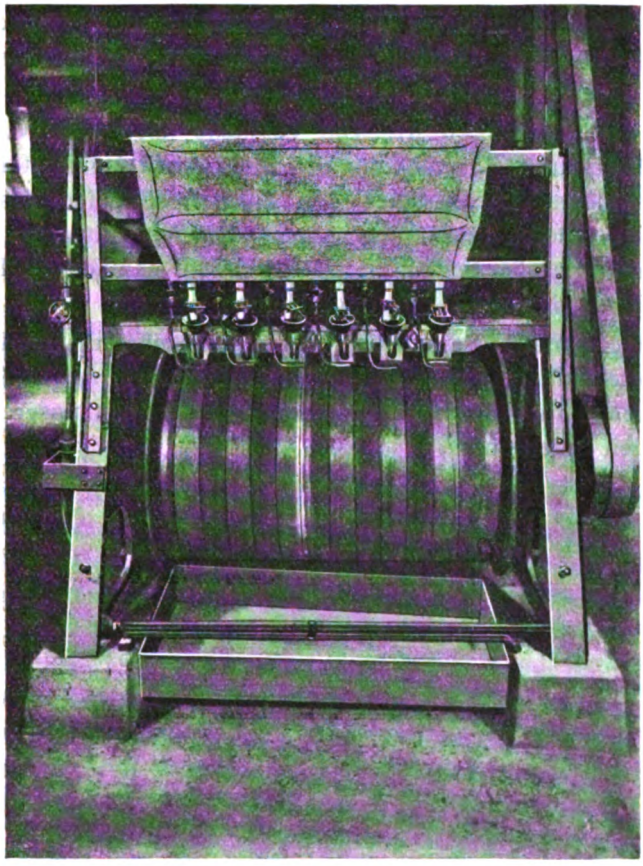


Fig. 2.

Würfelhöhe gemessen; am Ende des Versuches wird diese Messung wiederholt.

Um die Bildung von Rillen in der Trommeloberfläche zu verhindern, haben wir die folgenden Vorkehrungen getroffen: Jeder Würfel von 6·5 cm Breite ist vom benachbarten Würfel durch einen Zwischenraum mit der gleichen Breite von 6·5 cm getrennt.

Digitized by Google

Nach je 1000 Umdrehungen wird die Trommel längs ihrer Achse um 6·5 cm verschoben; zu diesem Zwecke sind an den beiden Achsenenden zwei Knaggen angeordnet, welche die Trommelverschiebung in jeder Richtung begrenzen.

Mit diesem Apparat läßt sich eine sehr beträchtliche Anzahl von Versuchen ohne merkliche Abnutzung und besonders ohne Rillenbildung durchführen. (Unser Apparat ist für die gleichzeitige Prüfung von sechs Würfeln eingerichtet, die Trommel hat daher 80 cm Länge.)

D. Schleifversuche. Die Versuche über den Widerstand gegen Abnutzung, Zerdrückung und Stoß geben Auskunft über die wahrscheinliche Lebensdauer der Pflastermaterialien. Es bliebe noch eine andere Frage, welche für Straßen mit sehr starkem Verkehr von großer Bedeutung ist, zu klären, nämlich die Leichtigkeit, mit welcher die Stoffe abgeschliffen werden.

Eine genaue Feststellung der Versuchsbedingungen würde sehr vorteilhaft sein. Wir befassen uns mit dieser Frage und werden den Verband für Materialprüfung über das Ergebnis unserer Untersuchungen unterrichten.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XIX 3

UNTERSUCHUNG DES EINFLUSSES DER MÖRTELZUSAMMENSETZUNG UND DER QUALITÄT DER BAUSTEINE AUF DIE WETTERBESTÄNDIGKEIT DES MAUERWERKES.

Vorläufiger Kommissionsbericht, vorgelegt vom Obmann der Kommission Prof. **J. A. v. d. Kloes,** Delft.

Diese Kommission wurde vom Vorstand des Verbandes auf Grund eines Kopenhagener Kongreßbeschlusses im Jahre 1910 eingesetzt und besteht aus folgenden Mitgliedern: Prof. J. A. van der Kloes, Delft, Obmann, Chem.-Ing. P. F. van der Wallen, Brielle, Sekretär, Oberingenieur P. Joosting, Utrecht, Schatzmeister. Reg.- u. Baurat Adams, Berlin, Prof. Dr. N. Belelubsky, St. Petersburg, Zement-Fabrikant E. Candlot, Paris, Geh. Baurat Eger, Berlin, k. k. Oberbaurat Prof. A. Hanisch, Wien, Kommerzienrat G. Herfeldt, Andernach, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. J. Hirschwald, Berlin, Geol. Mus. Direktor J. Allen Howe, London, Prof. N. Lamine, St. Petersburg, Chemiker E. Leduc, Schriftleiter der Revue des „Matériaux de construction et de travaux publics", Nice, Architekt Allen E. Munby, London, Ing. D. Nowgorodsky, St. Petersburg.

Am 10. und am 15. Oktober 1910 rief der Verfasser eine Sitzung der Kommission nach Köln und dann nach Berlin ein, wo jedesmal sechs Mitglieder anwesend waren. In der Zeit zwischen den beiden Versammlungen wurden der Kölner Dom, die neue Kölner Eisenbahnbrücke, ferner mehrere Bauten in Holland, und zwar zu Nymwegen, Utrecht, Katwyk, Delft und Amsterdam und in Berlin besichtigt. Die Versammlung in Berlin beschloß folgenden

Digitized by Google

Fragebogen in vier Sprachen zu versenden, welcher vom Obmann mit den anwesend gewesenen Mitgliedern redigiert wurde.

Fragebogen.

I. Bestehen in Ihrer Umgebung Bauwerke, an denen Mängel folgender Art zu beobachten sind:

a) Durchsickerung oder Wasserdurchlässigkeit bei Talsperren u. dgl.

b) Austritt kleiner Quellen an der Außenseite von Kai-, Schleusen-, Brückenmauern u. dgl.; Krusten- und Stalaktitbildungen.

c) Ablösen der oberen Schichten bei solchen Mauerwerken.

d) Ablösen und Ausbauchen einer Schale von Ziegelsteinbreite von stärkerem Mauerwerk.

e) Maueraussschlag, Abschiefern von Naturstein, Ziegeln und anderen Kunststeinen, Mauerfraß u. dgl.

II. In solchen Fällen sind anzugeben:

a) Die Zusammensetzung des verarbeiteten Mörtels.

b) Das Alter des Bauwerkes.

c) Die Art und Herkunft des Steines.

d) Die Zusammensetzung des Kunststeines.

e) Eventuell Angabe, wo dies zu erfragen wäre.

III. Welche Ursachen für die Schäden am Mauerwerk sind anzunehmen?

a) Die Beschaffenheit des Mörtels?

b) Der Frost.

c) Verunreinigung der Luft durch schweflige Säure u. dgl.

d) Beimengungen zum Wasser, wie Salz, Moor, Säure.

IV. Sind ähnliche Schäden auch an Mauerwerk, welches mit reinem Kalkmörtel errichtet ist, von Ihnen beobachtet worden?

Es wird höflichst gebeten etwaige Antworten an den Obmann der Kommission Prof. J. A. van der Kloes zu Delft (Holland) zu richten.

Auf diese Fragen trafen mehrere Antworten aus Holland, einige aus Deutschland und eine aus England ein. Diese Antworten hatten in manchen Fällen einen sehr lehrreichen Briefwechsel zur

Digitized by Google

Folge. Kurze Zeit vor dem Abdruck dieses vorläufigen Berichtes überraschte mich Herr k. k. Oberbaurat Prof. A. Hanisch in Wien, durch die Zusendung einer Sammlung offizieller Berichte, aus denen hervorgeht, daß sich das k. k. Ministerium für öffentliche Arbeiten in Österreich besonders für unseren Fragebogen interessiert hat. Auch das k. k. Eisenbahnministerium in Wien hat uns zum Fragebogen eine Reihe interessanter Berichte eingesandt. Diese Berichte bereiteten mir um so größere Genugtuung, als sie die damals schon aufgestellten vorläufigen Schlüsse teilweise vollständig bestätigen.

Ferner hat der Verfasser dadurch das Interesse an der Frage zu erwecken gesucht, daß er darüber Artikel in holländischen und fremden technischen Zeitschriften veröffentlichte. In Amerika hofft er hiezu durch Güte des Herrn F. E. Schmitt, Obmann der Kommission für Kongreßschriften des New-Yorker Kongreßkomitees 1912, in Engineering News Gelegenheit zu finden, in England fand er dieselbe durch Herrn J. Allen Howe in The Quarry, in Frankreich durch H. E. Leduc in der „Revue des Matériaux de Construction et de Travaux publics", in Deutschland in „Baumaterialien-Markt", in Belgien durch H. E. Camerman in der „Revue de l'ingénieur et index technique", in Holland in „De Bouwwereld, de Aannemer en de Tydspiegel".

In diesen Zeitschriften sind mehrere Aufsätze des Berichterstatters erschienen, die den Stand der Frage im betreffenden Zeitpunkt festhielten. Diese Schriften haben einigen Erfolg gehabt und gaben zu manchem interessanten Briefwechsel Anlaß.

Der Sekretär der Kommission, Herr van der Wallen hat Vorträge über den Gegenstand in technischen Vereinen Hollands und Deutschlands gehalten, die auch im Druck erscheinen werden.

Herr Joosting hat verschiedene interessante Bauten in Holland, Belgien und Deutschland besichtigt und photographiert und dadurch viel dazu beigetragen, eine richtige Vorstellung über den wirklichen Zustand dieser Bauten zu verbreiten.

Herr Candlot hat sich dadurch sehr verdient gemacht, daß er die ihm zugesandten Mörtel- und Steinmuster unermüdlich analysierte. Die Resultate dieser Analysen sind in nachstehender Tafel zusammengefaßt.

Digitized by Google

Analysen der von Mitgliedern der Kommission im Oktober 1910 und September 1911 gesammelten Muster, ausgeführt von Herrn E. Candlot in Paris.

Chemische Zusammensetzung	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4			Nr. 5		Nr. 6		Nr. 7
	Technische Hochschule Charlottenburg		Dom in Köln, Schlaitdorfer Sandstein	Drachenfelser Trachyt			Stenzelberger Andesit		Obernkirchner Sandstein		Eisenbahnbrücke b. Nymwegen, ausgewaschenes Bindemittel
	Gelber Backstein	Sandstein		a) aus dem Bruch	b) vom Dom in Köln	c) Sanidin-Kristall aus a) entnommen	a) aus dem Bruch	b) vom Dom in Köln	a) aus dem Bruch	b) vom Aquarium in Amsterdam	
Kieselsäure	48·0	90·0	85·0	75·0	52·5	80·5	67·0	68·0	98·0	91·5	2·0
Tonerde	16·0	} 3·0	} 5·0	10·0	6·0	7·5	12·0	15·0	} 3·0	} 4·0	} 0·5
Eisenoxyd	3·0			4·0	4·5	3·0	6·5	5·0			
Kalk	17·0	1·5	1·5	2·0	19·5	2·0	3·8	3·5	2·0	0·2	56·5
Magnesia	0·8	0·5	0·5	0·5	0·7	0·2	0·8	1·0	1·0	0·5	0·4
Schwefelsäure	1·2	0·5	1·2	0·5	2·4	0·5	0·8	0·5	0·1	0·5	0·4
Glühverlust	12·0	1·5	5·0	2·0	13·5	0·5	3·5	3·5	1·5	2·0	38·5*)
Nicht bestimmte Produkte	2·0	3·0	1·8	—	0·9	—	—	3·5	—	1·3	1·7
	100·0	100·0	100·0	94·0	100·0	94·2	94·4	100·0	100·6	100·0	100·0

Chemische Zusammensetzung	Nr. 8	Nr. 9	Nr. 10	Nr. 11		Nr. 12	Nr. 13	Nr. 14			Nr. 15
				Udelfanger Sandstein				Eisenbahn-Viadukt zu Linz			
	Staatseisenbahnbureau in Utrecht, Sandstein	Gnadenkirche in Berlin, Leucit-Tuff von der Eifel	Viadukt in Berlin, Ausschlag	a) aus dem Bruch	b) vom Krankenhause in Dordrecht	Viadukt bei Elberfeld, Mauerwerk, ausgewasch. Bindemittel	Mativa-Brücke zu Lüttich, Beton, ausgewasch. Bindemittel	a) Sandstein-Mauerw., ausgew. Bindemittel	b) Ziegel-Mauerwerk: Ausgew. Bindemittel	c) Ziegel-Mauerwerk: Ausschlag	Ta sperre bei Remscheid, Mörtel
Kieselsäure	92·0	44·0	45·5	81·0	85·5	5·3	1·0	2·2	5·0	9·0	44·5
Tonerde	} 2·0	14·0	17·0	} 6·5	5·0	} 0·7	} 0·1	} 0·7	} 0·5	} 0·5	} 4·0
Eisenoxyd		4·0	5·0		2·7						
Kalk	0·5	14·0	5·0	5·5	1·8	51·0	55·0	52·5	52·0	1·0	28·0
Magnesia	0·3	1·0	1·0	0·5	0·7	0·3	0·1	0·1	0·1	0·1	0·7
Schwefelsäure	0·3	—	—	0·1	0·7	0·9	0·2	1·0	0·5	31·0	1·0
Glühverlust	2·0	10·0	—	6·0	1·5	42·0	43·5	43·8	41·0	—	20·0
Nicht bestimmte Produkte	2·9	—	—	0·4	2·1	—	—	—	—	—	—
	100·0	87·0	73·5	100·0	100·0	100·2	99·9	100·3	99·1	—	98·2

*) Nr. 7 Kohlensäure 29 v. H. Von den Proben Nr. 9 und 10 war zu wenig vorhanden, um eingehendere Untersuchungen anstellen zu können. Darum kann Herr **Candlot** nicht vollständig für die bei diesen Proben gewonnenen Resultate einstehen. Ebenso waren von Nr. 14c nur einige Milligramme Stoff vorhanden. Was die 81 v. H. Schwefelsäure anbetrifft, ist es nicht zweifelhaft, daß diese Säure mit Kalk gebunden ist.

Digitized by Google

Außerdem müssen wir noch die folgenden von Herrn Schalkwyk & Pennink zu Rotterdam, bzw. von Herrn Sluiter zu Brielle ausgeführten Analysen veröffentlichen:

Krusten auf den Mauerfugen der Eisenbahnbrücke bei Westervoort.

(Die Brücke ist gemauert in 1 Portland-Zement, $^1/_2$ Fettkalkpulver, 3 Sand.)

Feuchtigkeit	4·47
Hydratwasser und organischer Stoff	0·87
Kohlensäure	40·87
Lösliche Kieselsäure	1·24
Unlösliche id (Sand)	0·94
Kalk	49·67
Magnesia	0·34
Eisenoxyd und Tonerde	0·40
	98·80

Mauerausschlag auf einer etwa 30 Jahre alten Kirche zu Voorburg.

Feuchtigkeit	10·67
Kalk	0·50
Magnesia	0·80
Alkalien (als Na_2O berechnet)	37·73
Schwefelsäure	17·71
Kohlensäure	24·41
Rückstand (Ziegelpulver)	8·18
	100·00

Maueranschlag auf der Innenseite einer Außenmauer im Justizpalast zu Amsterdam.

Kalk	19·54
Magnesia	0·72
Schwefelsäure	37·73
Glühverlust	21·24

Es war zu wenig Stoff für eine genaue quantitative Analyse vorhanden. Wahrscheinlich besteht der Ausschlag aus einem Gemisch von Natronsulfat, Kalksulfat und Kalkkarbonat.

Digitized by Google

Mauerausschlag im Kellergeschoß des Wohnhauses von Herrn Ioosting.

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3
Feuchtigkeit	0·43	1·24	31·39
Glühverlust ohne Feuchtigkeit . . .	5·66	17·72	11·81
Kieselsäure (unlöslich)	0·76	4·69	0·13
Kalk	6·84	23·63	12·41
Magnesia	0·25	0·71	0·29
Alkalien (als Na_2O berechnet) . . .	38·32	18·17	21·28
Schwefelsäure	49·24	29·14	2·45

Nr. 1 reagiert alkalisch, Nr. 2 schwach, Nr. 3 stark alkalisch. Die vorhandenen Mengen waren zu gering, um die Resultate mit der äußersten Schärfe festzustellen. Da Nr. 1 wahrscheinlich hauptsächlich aus Sulfaten der Alkalien, Nr. 2 hauptsächlich aus diesen und aus kohlensaurem Kalk besteht, so müssen wir bei Nr. 3 auch ziemlich viel kohlensaures Alkali voraussetzen.

Der Unterschied zwischen der Zusammensetzung dieser drei Muster ist zu erklären aus dem Unterschied in der Zusammensetzung des Wandverputzes. An anderer Stelle hoffe ich ausführlich auseinanderzusetzen, warum es in manchen Fällen äußerst schwierig, ja ganz und gar unmöglich ist, Muster des Ausschlages zu sammeln, ohne zugleich Teilchen der Wandoberfläche mitzunehmen.

Herr Eger in Deutschland und Herr Munby in England besorgten uns bei mancher Gelegenheit wertvolle Erhebungen. Herr Prof. Hirschwald hat sich der Mühe unterzogen, Untersuchungen an den Nymweger Brückenpfeilern vorzunehmen, welche er in seiner Zeitschrift „Bautechnische Gesteinsuntersuchungen beschrieben hat. Es tut mir sehr leid, hier erklären zu müssen, daß ihm dabei mehrere Unrichtigkeiten unterlaufen sind und daß wir — meine beiden Landsleute, Mitglieder der Kommission und ich — mit Rücksicht auf unsere eigenen örtlichen Wahrnehmungen und unsere persönlichen Erfahrungen auf dem Gebiete der Mörtel Hirschwalds Behauptungen nicht beistimmen können.

Freilich ist die Mörtelfrage nicht auf Grund vorgefaßter Theorien zu lösen, ohne die Tatsachen an Ort und Stelle des Baues selbst in Betracht zu ziehen. Übrigens werden Prof. Hirschwalds Behauptungen und Vermutungen teilweise durch die Ergebnisse seiner eigenen Analysen widerlegt. Ich werde in meinen nächsten Artikeln

Digitized by Google

in den zuvor genannten Zeitschriften ausführlich auf Hirschwalds Schriften zurückkommen.

In die Probleme des Mörtels und Mauerwerkes können nur durch zahlreiche sorgfältige Beobachtungen an alten und neueren Bauten, durch Untersuchungen über die Steinsorte, die Mörtelzusammensetzung und die Bauweise und durch chemische Analysen der den beobachteten Bauten entnommenen Mustern mehr Licht gebracht werden. Die Natur arbeitet auf diesem Gebiete nur langsam und synthetische Proben sind großen Schwierigkeiten unterworfen, weil auch sie nur erst nach langer Zeit Resultate liefern können und es ganz unmöglich ist, die Wirklichkeit durch sie wiederzugeben. Es sind einige Proben dieser Art unternommen worden, es ist nicht unmöglich, daß sie zu wertvollen Ergebnissen führen werden.

Einen großen Dienst hat Herr Dr. W. Reinders, Professor der Chemie an der Technischen Hochschule zu Delft, uns erwiesen. Er ist auf den Gedanken gekommen, daß die Erscheinung des Mauerfraßes wahrscheinlich durch Osmose verursacht wird. Wir müssen uns die Sachlage folgenderweise vorstellen: Der Stoff zwischen den Poren eines Gesteines, welche infolge einer vorhergegangenen Verdampfung von Wasser mit Kristallen einer oder der anderen Substanz angefüllt sind, ist nicht ganz dicht; er enthält noch Poren und Kanälchen; diese sind durchlässig für Wasser, nicht aber für konzentrierte Lösungen. Wenn nun der Stein von neuem benetzt wird, so wird Diffusion durch die Porenwände stattfinden; das Wasser wird von außen hindurchdringen; die Lösung, welche es im Innern bildet, wird hinauszukommen sich bestreben. Da aber die Bewegung des Wassers schneller ist als die der Lösung, so wird im Innern der Poren ein mehr oder minder starker Druck entstehen, welcher das Platzen ihrer Wände verursacht.

Die besprochene Erscheinung kann in den Einzelheiten unendlich mannigfaltig wechseln. Es gibt Fälle, daß sich sehr dünne Schiefer lösen, andere wo die gelösten Stücke Zentimeter- und mehr Dicke haben, andere, in denen sich Verputzpartien von mehr als einen Quadratdezimeter Oberfläche ausbauchen und sich von der Mauer lösen. Leider können mangels entsprechender, der Kommission zur Verfügung stehender Mittel, die Untersuchungen nicht energisch genug angefaßt werden. Dadurch ist es schwierig, zu positiven Resultaten zu kommen. Auch gibt es zu wenig Gelegenheiten zu persönlicher Berührung der Kommissionsmitglieder untereinander und andererseits

Digitized by Google

zuviel Differenzen in ihren Ansichten, als daß es möglich gewesen wäre, bereits zu einem einheitlichen Beschluß zu gelangen.

Nach Beratung mit meinen beiden Landsleuten, Herrn van der Wallen und Joosting zaudere ich aber persönlich nicht, aus den Arbeiten und Beobachtungen der aktiven Mitglieder der Kommission die folgenden vorläufigen Schlüsse zu ziehen:

1. Kalküberschuß. Alles, was aus Mauer- und Betonwerken hinaustrieft und an der Oberfläche zu Krusten und Stalaktiten erhärtet, ist nahezu reiner kohlensaurer Kalk. (Vgl. Nr. 7, 12, 13, 14a und 14b in Candlots Tafel und die Analysen auf Seite 5.)

Auswaschung von Kalk findet ebensosehr bei reinem Portlandzementmörtel und reinem Kalkmörtel, als auch bei Mischungen beider und bei zu kalkreichem Traßmörtel statt.

Der Kalk wird als Kalkhydrat vom Wasser gelöst und von demselben nach der Oberfläche der Bauten befördert, wo er während der Verdunstung des Wassers Kohlensäure aus der Atmosphäre aufnimmt und kohlensauren Kalk bildet.

Darum haben wir Sorge zu tragen, den Kalk im Mörtel und Beton durch einen Überschuß an Puzzolan zu binden.

2. Mauerausschlag und Mauerfraß. Es besteht eine Beziehung zwischen dem Vorhandensein eines Kalküberschusses im Mörtel und dem Entstehen von Ausschlag und Mauerfraß auf Bauten, obwohl der Kalk als solcher wenig oder gar nicht an der Zusammensetzung des Ausschlages teilzunehmen scheint (vgl. Nr. 14 in Candlots Tafel und die Analysen auf Seite 5 und 6).

Herr von der Wallen beschäftigt sich in dieser Richtung mit Untersuchungen, deren Resultate er seinerzeit zu veröffentlichen gedenkt.

3. Angriff von Stein und Ziegeln. Bausteine und Mauerziegel können angegriffen werden:

a) Von Bestandteilen aus dem Mörtel (Nr. 3, 6, 8, 9, 10, 11, 14c von Candlots Tafel). Es gibt gewisse sehr lösliche Mörtelbestandteile, welche während den abwechselnden trockenen und nassen Perioden bald in den Poren und auf der Gesteins-Oberfläche auskristallisieren, bald vom Regenwasser wieder gelöst werden. Hierdurch veranlaßte Abschieferung ist durch Osmose zu erklären.

Man soll weder im Ofen noch am Lagerplatz Ziegel auf Kohlensinter stellen.

Digitized by Google

b) Von Bestandteilen der Ziegel selbst. Tonziegel können sehr lösliche Bestandteile, welche dieselbe Wirkung, wie die unter a) besprochenen, haben, enthalten. Vielleicht hat Nr. 14c von Candlots Tafel hiermit etwas zu tun.

c) Von Bestandteilen der Atmosphäre. Bei dem Drachenfelser Trachyt, Nr. 14a der genannten Tafel, sehen wir, daß der Stein des Kölner Domes 2·4 v. H., der aus dem Bruch nur 0·5 Schwefelsäure enthält. Weder bei Nr. 5 noch bei Nr. 6 ist der Unterschied groß genug, um einige Schlußfolgerungen zu ermöglichen; bei Nr. 5 findet sogar das umgekehrte statt.

Weil der Angriff von Naturstein durch atmosphärische schweflige Säure dieselbe Wirkung zeigt wie die zuvor behandelten Produkte des Mörtels, so glauben wir, die Meinung aussprechen zu können, daß auch in diesem Falle Osmose vor sich geht.

Auch ist die Frage berechtigt, ob trotz der geringen Löslichkeit von Bleihydroxyde im Wasser osmotische Wirkungen auch dort stattfinden können, wo Mauerfugen statt mit Mörtel mit Blei vergossen sind.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XIX4

ÜBER DEN EINFLUSS FEHLERHAFTER MÖRTELMISCHUNG.

Von Dr. ing. **Anton Hambloch** in Andernach am Rhein.

Bekanntlich hat der V. Kongreß zu Kopenhagen auf Anregung des Herrn Professor I. A. van der Kloes aus Delft (Holland) beschlossen, daß sich eine besondere Kommission mit dieser zweifellos sehr wichtigen Frage befassen soll. Da ich nun dieser Kommission nicht anzugehören das Vergnügen habe, so sei mir gestattet, hier meine Ansichten zur vorliegenden Frage zur Kenntnis des New-Yorker VI. Kongresses zu bringen.

Herr Professor van der Kloes ist von der Voraussetzung ausgegangen, daß das Ausblühen des Mauerwerkes, der sogenannte Mauerfraß, und selbst die Feuchtigkeit der Gebäude einen gemeinsamen Ursprung hätten, nämlich Kalküberschuß im Baumörtel, eventuell mit Mangel an genügender Sandmenge.

Gewiß ist Kalküberschuß im Mörtel stets ein sehr schlimmer Faktor, besonders bei Einwirkung von Feuchtigkeit. Der nicht an Silikate gebundene, also freie Kalk wird allmählich ausgelaugt, und so kann der betreffende Mauerwerkskörper später zu den schwersten Schäden Veranlassung geben.

Anders verhält es sich mit dem von Herrn van der Kloes behaupteten Mangel betreffs nicht genügender Sandmenge. Wiewohl auch darin etwas Wahres steckt, so ist es doch andererseits richtig, dem Baumörtel keine überreiche Menge an Sand zuzuführen, denn darunter leidet in erster Linie die Festigkeit jedes Mörtels. Höchstens der Verputzmörtel, der um wetterbeständig zu sein, stets porös sein muß, hat eine hinreichende Sandmenge nötig.

Gegen diese Ansichten des Herrn van der Kloes möchte ich an erster Stelle den Aufsatz des Kölner Dombaumeisters, des

Digitized by Google

Regierungs- und Baurates Hertel, in Nr. 91 des „Zentralblattes der Königl. Preußischen Bauverwaltung“ vom Jahre 1909 und meine in Nr. 98 derselben Zeitschrift erschienene ausführliche Widerlegung nennen. Beide Aufsätze, der van der Kloes'sche und der meinige, tragen den Titel „Die Folgen des Gebrauchs unrichtig zusammengesetzter Mörtel“. In den Hauptzügen handelt es sich dabei in beiden Fällen um folgendes:

Herr van der Kloes beklagt, daß Traßmörtel, sogenannte starke Traßmörtel, wie sie früher in Holland zu allen Wasserbauten ohne Sandzusatz benutzt wurden, in heutiger Zeit nicht mehr zu empfehlen seien. Mit Recht, da einem Mörtel ohne Sand sein eigentliches Gerippe fehlt. Auch die schwierige Vermischung von Traß und Kalkteig ohne Sand, welcher den Mischungsvorgang sehr unterstützt, ist von Bedeutung. Denn die sorgfältigste Mischung bei einem so plastischen Mörtel, wie es bei Traß und Kalk der Fall ist, ist vor allem notwendig. Bei Luftbauten liegt der Fall genau so und treten dort die Schäden, unterstützt durch die zu große Dichtigkeit, noch stärker zu Tage.

Bei diesen Erwägungen, unbedingt fette, bzw. kalkreiche Traß-Kalkmörtel zu vermeiden, und an ihrer Stelle sandreichere zu setzen, ist jedoch Herr van der Kloes zu Vorschlägen gelangt, die nach allgemeinem mörteltechnischen Gesichtspunkte nicht gutgeheißen werden können. So schlägt Herr van der Kloes u. a. vor:

1. für unbedingt wasserdichte und fortwährend unterm Wasser verbleibende Mörtel:

1 Raumteil Kalkteig
3 Raumteile Traß
4 „ Sand

2. für Kai- und Schleusenmauern u. a.:

1 Raumteil Kalkteig
3 Raumteile Traß
5—6 „ Sand

3. für Grundmauern usw.:

1 Raumteil Kalkteig
3 Raumteile Traß
8—10 „ Sand

Alle drei Mörtel besitzen viel zuviel Traß und haben andererseits für die bezeichneten Zwecke zu hohe Sandzusätze. Ist doch der Traßmörtel in seinem Wesen ein langsam erhärtender Mörtel, weil sich erst seine wirksamen Bestandteile Kalk und Kieselsäure nebst

Digitized by Google

Tonerde und Eisenoxyd als weitere Hydraulefaktoren gegenseitig aufschließen und alsdann in unlösliche Doppelverbindungen überführt werden. Auch ist der hohe Einfluß der Erhärtungstemperatur beim Traß-Kalkmörtel von großer Bedeutung. Daraus folgt, daß zu sandreiche Mörtel und andererseits Mörtel mit unrichtigem Kalkzusatz im Verhältnis zum Traß einer viel zu langen Erhärtungszeit bedürfen, um die ihnen in den einzelnen Fällen gestellten Zwecke erfüllen zu können. Ich möchte sogar behaupten, daß bei derartigen Mörtelzusammensetzungen häufig die Zwecke gänzlich vereitelt werden könnten.

Es ist uns bei der Zusammensetzung des Zements bekannt, daß das günstigste Verhältnis zwischen Säure und Base — der hydraulische Modul des Zements — dasjenige ist, wenn 1 Teil Säure auf 2 Teile Base kommen. Genau so verhält es sich bei der Erhärtung des Trasses mit Kalk. Nehmen wir bei dem an, daß in 100 Teilen Traß aus bestem Tuffstein des Nettetales 36 Teile aufgeschlossene, das ist verbindungsfähige Kieselsäure enthalten seien, so wären diesen 72 Teilen aktiven Kalkes gegenüberzustellen. 1 l Kalkteig wiegt nun durchschnittlich 1300 g. Errechnen wir in diesen 25 v. H. Wasser, so haben wir aus 1 l Kalk 585 g Kalkmasse. 1 Raumteil Traß ist gleich der Raumgewichtseinheit des Wassers mit diesem gleichzustellen. Also 1 l Traß = 1000 g. Daraus folgt, daß ein Raumteil Traß von guter Herkunft 1 Raumteil Kalkteig vollständig chemisch zu binden vermag. Bei Traß-Zementmörtel ist nur der wirklich im Zement selbst überschüssig vorhandene, das heißt freie oder ungebundene Kalk chemisch aufzunehmen. Dazu reichen 0·6 Raumteile Traß gegenüber 1 Raumteil Zement. Man erhöht aber zweckmäßig zur größeren Sicherheit den Traßzusatz auf 0·75 Raumteil und kann selbst bis zu 1 Raumteil Traß bei einem Raumteil Zement hinaufgehen, wenn günstige Anfuhrverhältnisse des Trasses etwa auf dem Wasserwege in Betracht kommen.

Eingehende, von mir angestellte chemische Bestimmungen haben dies auch vielmals bewiesen. Wenn nun 1 Raumteil Traß durchweg 1 Raumteil Kalkteig gegenüberzustellen ist, so ist es fehlerhaft, daß man den Traßzusatz nach Forderung des Herrn van der Kloes so ungemein steigert, ohne ihm eine Beschäftigung im Mörtel zuweisen zu können. Denn daß der Traß als Sand wirken soll, dafür ist er viel zu teuer. Auch ist er infolge

Digitized by Google

seiner Feinheit ein schlechter Sand, obgleich für ganz vereinzelte Fälle diese Feinheit von Vorteil sein kann, wenn z. B. absolute Dichtigkeit bei schnellstem Abbinden, bzw. die höchste Plastizität eines Mörtels gefordert wird.

Ich möchte hier nur noch eine Tabelle folgen lassen, welche diejenigen Mischungen bei Traß-Kalkmörtel und bei Traß-Zementmörtel enthält, bei denen eine vorzügliche Bewährung anzunehmen ist, und die auch ein für den Laien zutreffenderes Bild ergeben dürften.

Hinsichtlich der Umrechnung von Kalkteig zu Kalkpulver, so sei nur noch erwähnt, daß 1 l Kalkpulver aus Fettkalkteig rund 500 g wiegt und darin etwa 25 v. H. Wasser enthalten sind, so daß also 375 g Kalk verbleiben. Demzufolge ist es zulässig, wenn man $1^1/_2$ Raumteile Kalkpulver 1 Raumteil Kalkteig gegenüberstellt. Wenn auch die genaue Ziffer dann 562 g Kalkpulver ergäbe, so ist doch meistens auch das Litergewicht größer wie 500 g und andererseits vielfach der Wassergehalt des Kalkpulvers höher wie 25 v. H.

Bei der Tabelle bitte ich, insbesondere zu beachten, daß der höchste Traßzusatz nur $1^1/_2$ Raumteile beträgt, während Herr van der Kloes überall 3 Raumteile Traß 1 Raumteil Kalkteig gegenüberstellt.

Verwendungszweck	Mischungsverhältnisse (Raumteile)					Bemerkungen
	Traß	Zement	Kalkteig	Sand	Kies	
Hafenbauten	$^3/_4$—1	1	—	4—5	—	
Schleusen- und Kaibauten	$^3/_4$—1	1	—	$2^1/_2$—4	—	
Kanalbauten	1	$^2/_3$—1	—	4—5	—	
Allgemeine Bauten unter Wasser, z. B. Docks	1	—	$^2/_3$—1	1—$1^1/_4$	—	bei Fettkalkpulver 1—$1^1/_2$
Allgemeine Bauten, teilweise im Wasser und über Wasser, z. B. Talsperren	$1^1/_4$—$1^1/_2$	—	1	$1^1/_2$—$2^1/_2$	—	bei Fettkalkpulver $1^1/_2$—$1^3/_4$
Trockenmauerwerk	1	—	2	8 · 5	—	bei Fettkalkpulver 8
Verputzarbeiten (außen*)	$1^1/_4$	—	1	$2^1/_2$—$3^1/_2$	—	bei Fettkalkpulver $1^1/_2$
Beton unter Wasser	2	2	1	6	$11^1/_2$	0·467 Mörtel auf 0·785 Kies
Beton über Wasser	$1^1/_2$	1	$^3/_4$	4	$11^1/_2$	0·400 Mörtel auf 0·920 Kies
Eisenbeton	$^1/_2$	1	—	$2^1/_2$	6	0·400 Mörtel auf 0·920 Kies
Eisenbetonpfähle	$^1/_2$	1	—	3	4	0·467 Mörtel auf 0·785 Kies

*) Für Innenputze können fettere Mischungen gewählt werden. Bei gleichen Traß- und Kalkzusätzen etwa $1^1/_2$—$2^1/_2$ Sand.

Digitized by Google

Entgegen den von Herrn van der Kloes für die Zerstörung der verschiedenen Bausteine beim Kölner Dombau angenommenen Gründen (unrichtig zusammengesetzter Mörtel) haben vielfache Untersuchungen berufener Autoritäten den Nachweis erbracht, daß es sich dabei um den Einfluß von Rauchgasen, welche reich mit schwefeliger Säure gesättigt seien, in Verbindung mit atmosphärischen Einflüssen (vorwiegend der Frosteinwirkung) handelt. Läge aber wirklich ein Fall vor, wo der Mörtel sein Zerstörungswerk mit ausgeführt hat, so könnte es sich doch nur dabei um eine ganz vereinzelte Erscheinung handeln.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XIX5

DIE PHYSIKALISCHE PRÜFUNG VON SCHOTTER FÜR EISENBAHNGLEISBETTUNGEN.

Von **A. T. Goldbeck,** und **F. M. Jacksen,**
Prüfungsingenieur, Washington, D. C. Jr. Assistent des United States Office of Public Roads, Washington, D. C.

(Übersetzt von H. Burchartz.)

Die bei den Eisenbahngesellschaften in allen Teilen der Vereinigten Staaten gültigen Lieferungsbedingungen für Schotter als Gleisbettungsmaterial lassen erkennen, daß die zwischen den physikalischen Eigenschaften eines Gesteins und seiner Brauchbarkeit als Gleisbettungsmaterial bestehenden Beziehungen nur wenig bekannt sind. Zur Feststellung seines Wertes als Bettungsmaterial wird Steinschlag nur sehr selten im Laboratorium geprüft, obgleich durch die Prüfung der Gesteine die Wahl eines für den in Frage kommenden Zweck geeigneten Materiales aus den verschiedenen verfügbaren Steinbrüchen erleichtert werden würde. Durch eine solche Untersuchung würden sich zweifellos oft wesentliche Ersparnisse erzielen lassen. Auf diese Weise würde auch die Notwendigkeit, neue Steinbrüche in Betrieb zu nehmen und somit die Brauchbarkeit des noch nicht erprobten Steinmaterials durch praktische Versuche im Betrieb zu ermitteln, vermieden werden können.

Der Verbrauch an Schotter in den Vereinigten Staaten stellte sich im Jahre 1910 auf 113·3 Millionen Tonnen zu je 1000 kg, deren Wert auf 6,396.191·00 Dollars (rund 26,000.000·00 Mark) geschätzt wird.[1]) Von diesem Material waren 67 v. H. Granit, 16 v. H.

[1]) The Stone Industry, 1910, U. S. Geological Survey Department of the Interior.

Digitized by Google

Trapgestein, 13 v. H. Kalkstein und 4 v. H. Sandstein. Für je 1000 kg Schotter stellte sich der Kaufpreis wie folgt:

Granit	2·38	Mark
Trapgestein	2·59	„
Kalkstein	2·13	„
Sandstein	2·38	„

Der Durchschnittspreis für das gesamte verarbeitete Schottermaterial betrug 2 22 Mark für je 1000 kg. Ein Industriezweig, der die jährliche Ausgabe derartig hoher Summen bedingt, läßt den Versuch gerechtfertigt erscheinen, eine Verminderung der Ausgaben dadurch zu erzielen, daß zur Verwendung nur Material gewählt wird, das Lieferungsbedingungen genügt, die auf Grund sorgfältig ausgeführter Laboratoriums- und praktischer Versuche ausgearbeitet worden sind.

Zur Ermittlung derjenigen Materialeigenschaften, die ein Gestein am geeignetsten zur Verwendung als Bettungsmaterial machen, sind bisher fast keine Laboratoriumsversuche ausgeführt worden Soviel bekannt, sind im physikalischen Laboratorium bisher keine Prüfungen in Verbindung mit Gebrauchsproben angestellt worden, um zahlenmäßig den Wert der physikalischen Eigenschaften endgültig festzustellen, die die zur Verwendung als Bettungsmaterial bestgeeigneten Gesteinsarten besitzen müssen. Die bedeutsamsten Versuche, die bisher nach dieser Richtung hin vorgenommen worden sind, dürften die in dem Zeitraum 1887 bis 1890 seitens des Eisenbahn-Direktors Schubert in Deutschland ausgeführten sein, über die in der „Zeitschrift für Bauwesen", Jahrgang 1889 und 1891, berichtet worden ist. Eine Besprechung dieser Versuche befindet sich ferner im Maiheft des Jahrganges 1899 von „Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen", sowie in der Zeitschrift „Proceedings of the american Railway Engineering and Maintenance of Way Association" 1906, Bd. 7.

Das von Schubert angewendete Prüfungsverfahren war kurz folgendes: Eine in den zu prüfenden Steinschlag eingestopfte Schwelle wurde wiederholten Belastungen (in Höhe von 4 kg/m[1]) und Entlastungen, die mittels einer exzentrischen Scheibe ausgeübt wurden, unterworfen. Der Schotter bestand aus 3·0 bis 7·0 cm großen Körnern. Nach Ablauf eines jeden Versuches, der aus sechs bis sieben Stopfungen bestand, wurde das Material gut getrocknet und durch

[1]) Proceedings of the American Railway Engineering and Maintenance of Way Association, 1906, Vol. 7.

Digitized by Google

Absieben die unter 12 mm Korngröße zerkleinerte Menge ermittelt. Unter Berücksichtigung der Anzahl der beim Rammen ausgeübten Schläge ergaben dann die entstehenden Mengen an zerkleinertem und in Pulver verwandeltem Steinmaterial das Maß für die Bewertung der betreffenden Gesteinsart.

Nach 1000 Schlägen wurden folgende Mengen (in Litern) der verschiedenen geprüften Schotterarten zu Staub verwandelt.

	Liter
Porphyr aus den Brüchen bei Neurode (Glatz)	1·25
Basalt aus Sproitz (Oberlausitz)	1·50
Basalt aus Lauban (Schlesien)	1·55
Grauwacke aus Hildemann (Harz)	1·62
Kalkhaltiger Sandstein vom Piesberg bei Osnabrück	1·76
Quarzit aus Niesky	2·33
Granit vom Moltke-Felsen bei Petersdorf i. R.	2·64
Diorit aus Saarbrücken	2·87
Schlacke der Julienhütte O. S.	2·89
Schlacke aus Neuenkirchen (Saarbrücken)	3·45
Granit aus den besten Lagen von Striegau	4·02
Gesiebter Kies aus Sagan	4·54
Gewöhnliche Hochofenschlacke aus Oberschlesien	4·80

Diese Versuche liefern wertvolle Ergebnisse, da sie unter Verhältnissen ausgeführt werden, die sich den wirklichen Gebrauchsbedingungen sehr nähern, und lassen die Vorzüge der verschiedenen geprüften Gesteinsarten vergleichsweise erkennen.

Eine von dem amerikanischen Ausschuß für Bettungsmaterial (Committee Ballast of the American Railway Engineering Association) veranstaltete Rundfrage ergab, daß von den Eisenbahngesellschaften in den Vereinigten Staaten keine einheitlichen Prüfungsverfahren zur Ermittlung der Brauchbarkeit von Steinschlag als Bettungsmaterial angewendet werden.[1]) Einige Verwaltungen beschränken sich bei der Auswahl des Bettungsmaterials lediglich darauf, zunächst den Charakter des Gesteins zu untersuchen und dann die Dauerhaftigkeit und Brauchbarkeit des Gesteins als Bettungsmaterial durch praktische Versuche zu ermitteln Von einer Eisenbahngesellschaft wird ein besonderes Rüttelverfahren (rattler test) benutzt. Die Lieferungsbedingungen einiger Verwaltungen enthalten die Forderung,

[1]) Bulletin of the American Railway Engineering Association, Nov. 1911, Vol. 13, Nr. 141.

Digitized by Google

daß der Steinschlag Druckversuchen unterworfen werden soll, während eine andere Eisenbahngesellschaft die Vornahme des von der amerikanischen Bundesregierung bei der Untersuchung von Steinschlag zu Straßenbauzwecken angewendeten Prüfungsverfahrens forderte. Diese später zu beschreibenden Versuche sind inzwischen vom „Amerikanischen Eisenbahn-Ingenieur-Verein" (American Railway Engineering Association) eingeführt worden, nachdem der Vorsteher des Straßenbauamtes der amerikanischen Bundesregierung, L. W. Page, die Vornahme dieser Versuche als das geeignetste Mittel bezeichnet hatte, das zurzeit verfügbar ist, um die physikalischen Eigenschaften von Steinschlag als Bettungsmaterial zu beurteilen.

Der von dem vorgenannten Verein eingesetzte Ausschuß für Bettungsmaterial richtete an verschiedene Eisenbahnverwaltungen in allen Teilen der Vereinigten Staaten das Ersuchen, Proben der als Bettungsmaterial zur Verwendung gelangenden Gesteinsarten an das Straßenamt der amerikanischen Bundesregierung einzusenden, um sie dort den physikalischen[1]) und petrographischen[2]) Untersuchungen unterwerfen zu lassen, wie sie in genanntem Amte bei der Untersuchung von Gesteinsarten angewendet werden, die zu Wegebauzwecken dienen.

Aus einem Vergleich der Ergebnisse dieser Laboratoriums- und Gebrauchs-Prüfungen erhoffte man, ausreichend genaue Kenntnisse zu sammeln, um die Aufstellung von Lieferungsbedingungen zu ermöglichen, nach denen die richtige Auswahl von Steinschlag als Bettungsmaterial getroffen werden konnte.

Zwecke der Bettung.

Beim Eisenbahnoberbau dient die Bettung folgenden Zwecken:

1. Verteilung der Belastung über den Unterbau.

2. Bildung einer Unterlage für die Schwellen und Verhinderung deren Bewegung unter dem Verkehr.

3. Trockenhaltung der Schwellen.

4. Ermöglichung der Erneuerung des Gleisgestänges ohne Störung des Unterbaues.

---

[1]) Vergl. Bulletin Nr. 44, Office of Public Roads. U. S. Department of Agriculture.

[2]) Vergl. Bulletin Nr. 37, Office of Public Roads, U. S. Department of Agriculture.

Digitized by Google

Abgesehen hiervon bildet die Bettung eine elastische Unterlage für das Gleisgestänge, die die zerstörende Einwirkung nicht im Gleichgewicht befindlicher Teile des Gestänges verringert und dazu beiträgt, die Stöße der Betriebsmittel auf das Gleis zu vermindern.

Ursachen der Zerstörung von Bettungsmaterial.

Das Bettungsmaterial wird unter der Einwirkung des Stopfens und der Betriebsmittel zerstört und zermahlen. Die zum Unterstopfen des Steinschlages benutzte Stopfhacke zerstört das Steinmaterial infolge Abnutzung und Schlagwirkung bis zu einem gewissen Grade. Um diesen Angriffen widerstehen zu können, muß nun Steinschlag sowohl bezüglich der Härte wie der Zähigkeit gewissen Anforderungen genügen. Unter Härte wird der Widerstand verstanden, den das Gestein der Zerstörung seiner Oberflächenpartikelchen durch Reibung entgegensetzt. Durch die Zähigkeit des Gesteins wird dessen Widerstand gegen Stoßwirkungen gekennzeichnet. Die Wirkung der Betriebsmittel ist gleichfalls eine solche, die die Verwendung von Steinmaterial bedingt, das die Eigenschaften der Härte und Zähigkeit in genügendem Maße besitzt; denn unter der stoßenden und schleifenden Einwirkung der Betriebsmittel nutzen sich die Kanten und Ecken der Steinstücke ab, so daß diese rund werden. Die abgebröckelten Steinteilchen füllen dann mit der Zeit die Hohlräume im Schotterbett aus und beeinträchtigen die Entwässerung des Gleiskörpers. Dieser Verstopfungs-Zustand des Bettungsmaterials führt, wie Schubert dargelegt hat, das sogenannte „Schlammpumpen" der Schwellen berbei, da der feine Steinstaub unter den Schwellen sich bei feuchter Witterung in Schlamm verwandelt. Bei diesem Zustand des Bettungsmaterials lockern sich infolge der wellenförmigen Bewegung der Schienen unter dem Verkehr die Schienenbefestigungen, was zur Folge hat, daß diese sich in erhöhtem Maße abnutzen. Auch hölzerne Schwellen fallen schnellerer Zerstörung anheim, wenn die Entwässerung des Bettungskörpers infolge Verschlammens des Materials beeinträchtigt ist.

Wenn die durch die zermalmende Wirkung der Schwellen entstehenden pulverförmigen Bestandteile des Bettungsmaterials bindefähige Eigenschaften besitzen, so verstopft sich die Bettung in noch höherem Grade. Die Brauchbarkeit des Steinschlages zu Drainagezwecken hängt mithin in hohem Maße sowohl von der Bindefähigkeits-

Digitized by Google

eigenschaft des unter der Einwirkung des Oberbaues entstehenden Steinstaub, wie von der Härte und Zähigkeit des Gesteins ab.

Bettungsmaterial darf nicht zur Staubbildung neigen, da eine stark staubentwickelnde Steinart zur stärkeren Abnutzung der Radachsen beiträgt, sowie auf Strecken mit starkem Personenverkehr sich unangenehm bemerkbar macht. Beim Zermahlen des Bettungsmaterials unter dem Verkehr entsteht Staub, und zwar je nach der Beschaffenheit des Materials in größerer oder geringerer Menge, da weiche und spröde Gesteine leichter zerstaubt werden als härtere und zähere Gesteinsarten. Um daher einen Bettungskörper zu erzielen, der offen und durchlässig bleibt, sowie wenig zur Staubbildung neigt, ist es erforderlich, zu seiner Herstellung nur Steinmaterial zu verwenden, das die genügende Härte und Zähigkeit besitzt.

Physikalische Prüfungen von Bettungsmaterial.

Zur Prüfung von Gesteinen für Wegebauzwecke dienende Versuche lassen sich auch bei der Untersuchung von Bettungsmaterial anwenden, da Härte und Zähigkeit der Gesteine diejenigen Eigenschaften sind, die zur Beurteilung der Brauchbarkeit einer Gesteinsart sowohl für Straßenbauzwecke wie als Bettungsmaterial im wesentlichen bestimmend sind.

Folgende physikalische Eigenschaften werden im Straßenbauamt der amerikanischen Bundesregierung bei der Prüfung von Steinschlag zu Straßenbauzwecken bestimmt und sind gleichfalls bei der vorliegenden Untersuchung von Steinschlag für Gleisbettungen ermittelt worden:

1. Härte.
2. Zähigkeit.
3. Widerstand gegen Abnutzen.
4. Bindefähigkeit (Verkittungswert).
5. Spezifisches Gewicht.
6. Wasseraufnahmefähigkeit.

Die meisten der untersuchten Materialien wurden auch auf Druckfestigkeit geprüft.

Härte.

Zur Vornahme der Härteprüfung bediente man sich einer Dorry-Maschine, wie sie in der französischen „Ecole des Ponts et

Digitized by Google

Chaussées“ verwendet wird. Fig. 1 stellt den Apparat in Ansicht dar. Zum Zwecke des Versuchs wird aus dem zu prüfenden Gestein ein zylindrischer Probekörper von 25 mm Durchmesser mittels eines Diamantbohrers herausgebohrt und in senkrechter Stellung gegen eine drehbare gußeiserne Scheibe unter einem konstanten, auf 1250 g bemessenen Druck gepreßt. Während des Ver-

Fig. 1.

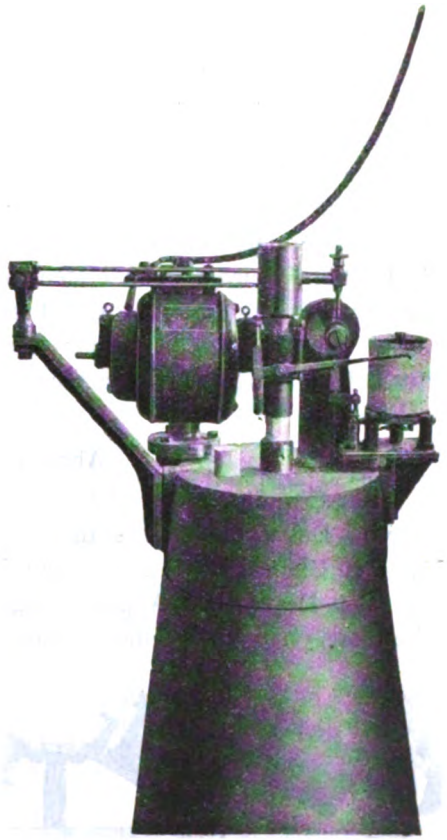


Fig. 2.

suchs wird die Schleifscheibe mit Quarzsand bestimmter Korngröße, der als Schleifmaterial dient, beschickt. Nach Ablauf von 1000 Umdrehungen der Schleifscheibe wird der Gewichtsverlust des Probestücks festgestellt und der Versuch mit der gleichen Probe an dem andern Ende derselben wiederholt. Der aus den beiden Versuchen ermittelte durchschnittliche Gewichtsverlust dient zur Bestimmung

Digitized by Google

des Härtegrades des Gesteins. Die Härte wird durch folgende Formel ausgedrückt:

$$\text{Härte} = H = 20 - \frac{1}{3} \cdot G$$

worin G der Materialverlust in g für je 1000 Umdrehungen bedeutet.

Zähigkeit.

Dieser Versuch wird auf dem Schlagapparat von Page (Fig. 2) vollführt, den der Erfinder in dem Jahrgange 1907 der „Proceedings of the American Society for Testing Materials" beschrieben hat. Bei der Prüfung werden die 25 × 25 mm großen zylindrischen Probekörper unter den Schlägen eines 2 kg schweren Hammers, der auf einem auf dem Probekörper ruhenden 1 kg schweren Kolben mit kugelförmigem Kopf herunterfallen gelassen wird, zertrümmert. Die Fallhöhe beträgt beim ersten Schlag 1 cm und wird für jeden folgenden Schlag solange um 1 cm erhöht, bis Zerstörung des Probekörpers eintritt. Die zur Zertrümmerung des Probekörpers erforderliche Anzahl von Schlägen stellt den Zähigkeitsgrad der Probe dar.

Abnutzung.

Zur Ermittlung des Widerstandes gegen Abnutzen wurde das alte von Deval eingeführte und in der französischen „Ecole des Ponts et Chaussées" ausgebildete Versuchsverfahren angewendet.

Den Devalschen Apparat zeigt Fig. 3. Er besteht im wesentlichen aus vier unter einem Winkel von 30° zur Rotationsachse

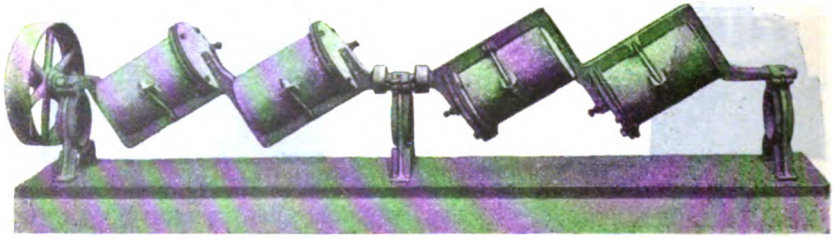


Fig. 3.

geneigten zylindrischen Trommeln, die einen Durchmesser von 20 cm haben und im Lichten 34 cm lang sind.

Das Gestein wird in Stücke möglichst gleichmäßiger Größe gebrochen, wobei dahin gestrebt wird, möglichst 50 Stück für eine

Digitized by Google

Probe zu erzielen. Das Gesamtgewicht des für einen Versuch benutzten Gesteinmateriales soll 5 kg betragen; Abweichungen im Gewicht bis zu 10 g sind zulässig. Das Farbenmaterial wird vor dem Wiegen gut getrocknet. Zu einem Versuch werden im ganzen 10.000 Umdrehungen vollführt, wobei die Anzahl derselben auf 30 bis 33 in der Minute bemessen wird. Nur diejenige beim Versuch abgenutzte Materialmenge, die durch ein Sieb von 0·16 cm Maschenweite hindurchgeht, wird als Maßstab für die Abnutzungsziffer berücksichtigt. Die Abnutzungszahl wird entweder in Prozenten der beim Versuch benutzten Gesteinsmenge (5 kg) ausgedrückt oder aus dem fast allgemein gebräuchlichen französischen Koeffizienten berechnet. Letzterer ergibt sich aus der Gleichung

$$20 \times \frac{20}{G} = \frac{400}{G} = \frac{40}{\%} \text{ Abnutzung,}$$

in der G das Gewicht in g der unter 0·16 cm großen Körner im abgenutzten Material für je 1 kg des Gesteins bedeutet.

Während des Versuches wird das Probematerial bei jeder Umdrehung zweimal die ganze Länge des Zylinders hin- und hergeworfen, so daß die einzelnen Stücke sich sowohl untereinander wie an den Wandungen des Zylinders abschleifen. Die Stoßwirkung bewirkt gleichfalls ein teilweises Abspringen der Steinstücke, so daß der Versuch nicht nur zur Ermittlung der Härte, sondern auch der Zähigkeit des Gesteins gelten kann.

Verkittungswert.

Der infolge Abnutzung der gröberen Bestandteile des Steinschlages entstehende feine Staub besitzt die Fähigkeit, die Schotterstücke mehr oder weniger fest miteinander zu verkitten, eine Eigenschaft, die sich bei der einen Gesteinsart in höherem Maße bemerkbar macht als bei anderen. Im Laboratorium wird die Verkittungsfähigkeit von Gestein wie folgt ermittelt.

Von dem zu prüfenden Gestein werden 0·5 kg Material so weit zerschlagen, daß auf einem Sieb von 1·25 cm Maschenweite kein Rückstand verbleibt. Dieses Material wird unter Zusatz von 90 cm^3 Wasser in einer Kugelmühle, die in Fig. 4 dargestellt ist, solange gemahlen, bis eine steife teigartige Masse entsteht. Die Mühle enthält zwei je etwa 10 kg schwere Stahlkugeln und vollführt 2000 Umdrehungen in der Minute. Nach 5000 Umdrehungen wird das Material aus der Mühle herausgenommen und etwa 28 g der

Digitized by Google

teigähnlichen Masse werden in einen zylindrischen Metallbehälter von 25 mm Durchmesser eingefüllt. Der Behälter wird dann durch einen durch Führungsstangen gestützten dichtschließenden Stöpsel verschlossen und das Material einem Druck von 132 kg/cm^2 unterworfen. Die Form wird auf eine eiserne Platte gestellt, deren Unterstützung eine Kolbenstange bildet, die mit einem unmittelbar unter der Plattform befindlichen Taucherkolben verbunden ist. Dem hydraulischen Zylinder wird Wasser durch eine kleine Öffnung in der Zuleitung zugeführt. Mit dem Steigen des Kolbens wird die Platte mit der darauf liegenden Form heraufgeführt. Der Verschluß der

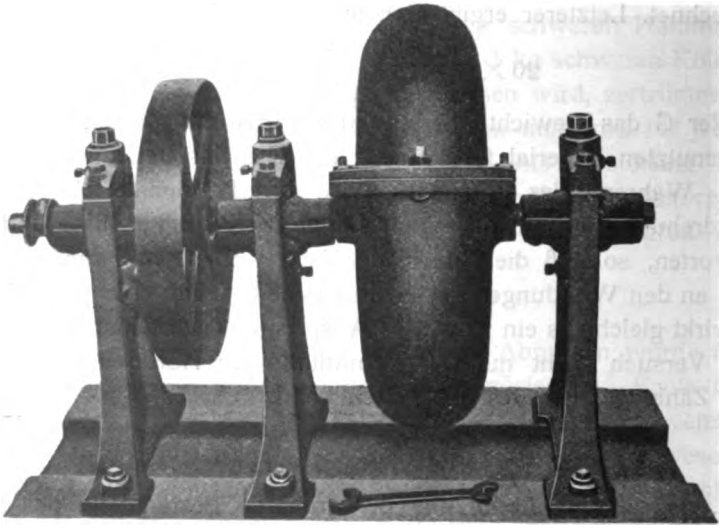


Fig. 4.

Form kommt dann mit einem Querhaupt in Berührung, das mit einem entsprechend beschwerten Hebelarm verbunden ist. Dieser Apparat ist in Fig. 5 veranschaulicht. Die Höhe des entstehenden Probekörpers wird gemessen. Falls sie nicht genau 25 mm beträgt, wird je nach Bedarf Material zugesetzt oder abgenommen, um beim nächsten Versuch einen Probekörper der erforderlichen Höhe zu erzielen. Von jeder zu untersuchenden Probe werden 5 Versuchskörper angefertigt, die 20 Stunden an der Luft und 4 Stunden in einem heißen Luftbad bei 98° C getrocknet werden. Nachdem die Probekörper 20 Minuten lang in einem Trockner zum Abkühlen

Digitized by Google

gelagert haben, werden sie in einem für den Zweck besonders konstruierten Apparat der Schlagprobe unterworfen.

Die zu diesen Versuchen benutzte Maschine, deren Konstruktion aus Fig. 6 erhellt, besteht aus einem 1 kg schweren

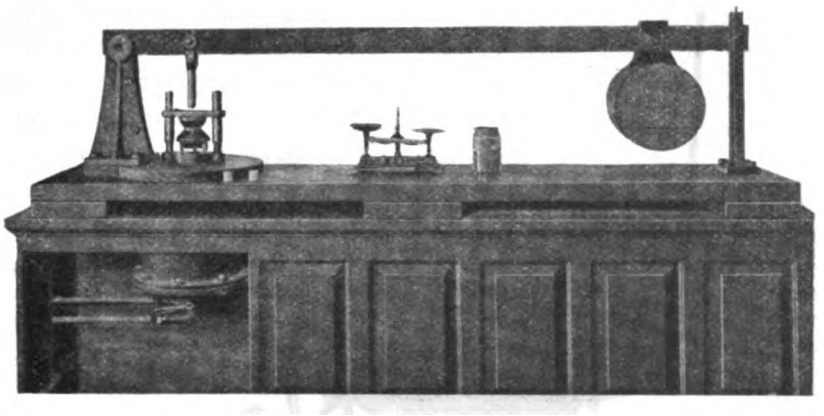


Fig. 5.

schwingenden Hammer, der auf einen 0·5 kg schweren Kolben fällt. Dieser wird durch zwei von Führungsstangen umgebene leichte Spiralfeder gegen das Probestück gedrückt. Die Bewegung des Kolbens während und nach jedem Schlag des Hammers wird mittels eines geeigneten Registrierapparates aufgezeichnet. Die wirksame Fallhöhe des Hammers ist auf 1 cm bemessen. Diese Schläge werden fortgesetzt, bis das Material zerstört ist. Die Anzahl der Schläge, die zur Aufhebung des Zusammenhanges (Verkittung) des Materiales benötigt werden, wird vermerkt; der aus 5 Einzelversuchen gewonnene Durchschnittswert gilt als die maßgebende Verkittungszahl.

Spezifisches Gewicht.

Das spezifische Gewicht von Gesteinsmaterial wird wie folgt ermittelt: Eine in der Luft 10 bis 12 g wiegende kleine Probe des zu untersuchenden Materiales wird mittels eines feinen Seidenfadens an der Wage hängend gehalten. Das Probestück wird dann in Wasser getaucht und unmittelbar darauf gewogen, wobei das Gewicht des unter dem Wasserspiegel liegenden Teiles des Seidenfadens seiner Geringfügigkeit wegen außer Betracht gelassen wird.

Digitized by Google

Bezeichnet G_a das Gewicht in der Luft in g
und G_w das Gewicht unter Wasser in g,

so ergibt der Quotient $\frac{G_a}{G_a - G_w} = s$ das spezifische Gewicht.[1])

Fig. 6.

[1]) Gemeint ist eigentlich das **Raumgewicht, nicht das spezifische Gewicht.** Diese beiden Begriffe werden meist verwechselt, weil keine einheitlichen, allgemein anerkannten Begriffserklärungen für die genannten Eigenschaften festgelegt sind. Unter Raumgewicht (r) versteht man das Gewicht der Raumeinheit eines Materiales einschließlich der Hohlräume, unter spezifischem Gewicht (s) das Gewicht der Raumeinheit des lückenlosen (gepulverten) Materiales. Der Quotient $\frac{r}{s}$ gibt den Dichtigkeitsgrad (d), d. i. der Gehalt an fester Masse in der Raumeinheit und die Differenz $1 - d$ den Undichtigkeitsgrad (u), d. i. der Gehalt an Hohlräumen in der Raumeinheit. Anm. des Übersetzers.

Digitized by Google

Das Gewicht von 1 m^3 des noch nicht zur Schotter zerkleinerten Gesteins in fester Form erhält man durch Multiplizieren des spezifischen Gewichtes mit dem Gewicht eines Kubikmeters Wasser.

Zur Feststellung der Wasseraufnahme bedient man sich des gleichen Versuchsstückes, das bei der Ermittlung des spezifischen Gewichtes Verwendung gefunden hat. Die Probe wird 4 Tage unter Wasser gehalten, während welcher Zeit sie gleichbleibendes Gewicht erreicht haben wird. Die Wasseraufnahme wird in Kilogramm auf 1 m^3 ausgedrückt.

Ist G_l das Gewicht der Probe in der Luft in g,

G_w „ „ „ „ unmittelbar nach d. Eintauchen in g,

G^1_w „ „ „ „ nach 4 tägigem Lagern im Wasser in g,

so erhält man die Wasseraufnahme aus der Gleichung

$$\frac{G^1_w - G_w}{G_l - G_w}.$$

Druckfestigkeit.

Die Druckfestigkeitsversuche mit den zur Untersuchung eingereichten Gesteinsarten wurden an zylindrischen Probekörpern angestellt, von denen einige 2·5 cm und andere 5·0 cm Durchmesser hatten. Alle Proben wurden aus dem Gestein mittels eines Diamantbohrers herausgebohrt und die beiden Druckflächen sorgfältig ausgeführt. Die Probekörper wurden beim Versuch in Gips gebettet und bei einer Geschwindigkeit von 3·86 mm in der Minute zum Bruch gebracht. Jetzt werden zu den Versuchen Probekörper verwendet, die 5 cm Durchmesser und 5 cm Höhe haben.

Mit Ausnahme der Druckfestigkeitsversuche werden die vorbeschriebenen Prüfungen seitens des Straßenbauamtes der amerikanischen Bundesregierung seit einer Reihe von Jahren angewendet, während welcher Zeit mehrere tausend Proben von Gesteinen geprüft wurden, die zu Straßenbauzwecken dienen. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in der Zeitschrift „Bulletin N° 44 Office of Public Roads, United States Department of Agriculture" veröffentlicht. Die durchschnittlichen Ergebnisse der Prüfung aller im genannten Amte untersuchten Gesteinsarten sind in Tabelle I zusammengestellt.

Digitized by Google

Tabelle I.

Mittelwerte der Versuche mit Gesteinsproben.[1])

Geprüft bis zum 1. Jänner 1912.

United States Department of Agriculture, Office of Public Roads.

Gesteinsart	Härte	Zähigkeit	Verkittungswert
Kalkstein	14·4 (517)	8 (524)	54 (560)
Sandstein	15·0 (237)	12 (242)	62 (257)
Granit	18 5 (131)	12 (131)	18 (138)
Trapgestein[2]) (Massige Gesteine) Andesit . .	17·1 (54)	18 (54)	196 (58)
Basalt . . .	17·3 (150)	18 (148)	108 (161)
Diabas . . .	17·7 (134)	20 (132)	101 (138)
Diorit . . .	18·2 (40)	16 (45)	28 (48)
Gabbro . .	17·8 (26)	15 (26)	44 (29)

Gesteinsart	Abnutzung %	Französischer Koeffizient
Kalkstein	5·2 (597)	7·7 (597)
Sandstein	5·7 (232)	7·0 (232)
Granit	4·5 (166)	8·9 (166)
Trapgestein[2]) (Massige Gesteine) Andesit	3·8 (56)	10·5 (56)
Basalt	2·9 (153)	13·8 (153)
Diabas	2·7 (126)	14·8 (126)
Diorit	3·3 (44)	12·1 (44)
Gabbro	3·0 (25)	13·3 (25)

Auswertung der Ergebnisse der Prüfungen mit Gesteinsproben.

Aus den Ergebnissen, die einer großen Anzahl von Versuchen gewonnen sind, lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

1. Härte. Gesteine, deren Härtekoeffizient unter 14 liegt, werden als weiche, solche, bei denen der Koeffizient zwischen 14 und 17 liegt, als mittelharte und solche, deren Koeffizient 17 übersteigt, als harte bezeichnet.

2. Zähigkeit. Aus den Ergebnissen der Zähigkeitsprüfung kann geschlossen werden, daß Gesteine mit einem unter 13 liegenden Wert als niedrigzäh bezeichnet werden können, während Steine

[1]) Die in Klammern stehenden Zahlen bedeuten die Gesamtzahl der Versuche, aus denen die Durchschnittswerte gewonnen sind.

[2]) Hierunter sind mineralogisch die gemengten kristallinen Gesteine zu verstehen, auch der Granit. (Anm. d. Übers.)

Digitized by Google

mit Werten von 13 bis 19 als mittelzäh und solche mit Werten über 19 als hochzäh gelten können.

3. Abnutzung. Nach dem französischen Abnutzungskoeffizienten zu urteilen, sind Koeffizienten unter 8 als niedrig, solche zwischen 8 und 13 als mittel, solche zwischen 14 und 20 als hoch und solche über 20 als sehr hoch zu bezeichnen.

4. Verkittungszahl. Verkittungswerte unter 10 werden als niedrig bezeichnet; Werte zwischen 10 und 25 gelten als genügend und solche zwischen 26 und 75 als gut. Als hoch sind zwischen 76 und 100 liegende Werte zu bezeichnen, während solche, die die Zahl 100 übersteigen, vorzüglich genannt werden.

5. Wasseraufnahme. Die Ermittlung der Wasseraufnahmefähigkeit eines Gesteins ist insofern wertvoll, als sie die Möglichkeit bietet, wertvolle Schlüsse auf die Dauerhaftigkeit des Materiales unter der Einwirkung von Frost zu erzielen. Das Eindringen von Frost in das Innere des Gesteins führt sehr leicht eine Schwächung oder Zerstörung des Steingefüges herbei, wobei die stark wasseraufnahmefähigen Steine mehr angegriffen werden als solche dichteren und weniger aufnahmefähigen Gefüges.

Ergebnisse der Versuche mit Bettungsmaterial.

Die auf Ersuchen des Ausschusses für Bettungsmaterial der „American Railway Engineering Association" von den Eisenbahngesellschaften dem Straßenbauamt der amerikanischen Bundesregierung eingesandten Gesteinsproben wurden den vorbeschriebenen Versuchen unterworfen. Gleichzeitig sammelte der Ausschuß Material über das Verhalten der Gesteine im Gebrauch. Die Ergebnisse der Laboratoriumsversuche und der Ermittelungen über das Verhalten des Materials in der Praxis, sowie die Lieferungsbedingungen der Eisenbahngesellschaften, die Proben zur Prüfung einsandten, sind in Tab. II zusammengestellt.

Der Wert der im Laboratorium erzielten Ergebnisse wird durch die Hinzufügung der mit denselben Gesteinsarten im praktischen Gebrauch gemachten Erfahrungen wesentlich erhöht, da der Vergleich von Gebrauchs- und Laboratoriumsversuchen zeigt, welche Prüfungen zur Beurteilung der Eigenschaften des Gesteins die notwendigsten sind. Die Durchschnittswerte der Versuchs-

Digitized by Google

ergebnisse in Tabelle II geben ein treffendes Bild der physikalischen Eigenschaften von Bettungsmaterial. Sie sind in Tabelle III zusammengestellt.

Tabelle III.

Durchschnittsergebnisse von Schotterprüfungen.[1])

United States Department of Agriculture, Office of Public Roads.

Verhalten im Gebrauch	Art des Gesteins	Ergebnisse der Laboratoriumsversuche				
		Druckfestigkeit kg/qcm	Härte	Zähigkeit	Abnutzung %	Verkittungswert
Vorzüglich	Trapgestein . . 5 Kalkstein . . 1	(5) 2132	(6) 17·9	(6) 27	(6) 1·9	(6) 75
Sehr gut	Kalkstein . . . 4 Sandstein . . 1 Granit 1	(4) 1935	(3) 17·4	(3) 11	(6) 3·4	(6) 18
Gut bis ziemlich gut	Kalkstein . . . 30 Sandstein . . . 1 Granit 3	(29) 1436	(31) 14·1	(34) 8	(33) 4·7	(21) 41
Schlecht	Kalkstein . . . 2 Sandstein . . 1 Granit 1	(2) 1555	(4) 16·9	(3) 6	(4) 4·8	(4) 37

Die Angaben in Tabelle II über das Verhalten des Gesteins als Bettungsmaterial sind nicht so zuverlässig wie die Ergebnisse der im Laboratorium ausgeführten Versuche, da erstere Angaben von einer Anzahl Personen herrühren, deren Ansichten über die Erfordernisse, die an gutes Bettungsmaterial zu stellen sind, naturgemäß keine übereinstimmenden sind.

Eine Gesteinsart, die von dem einen Berichterstatter als „vorzüglich“ bezeichnet wird, kann von einem anderen Fachmanne für nur „gut“ befunden werden. Zugegeben wird, daß der geringe Umfang der gesammelten Versuchsergebnisse es untunlich erscheinen läßt, endgültige Schlüsse zu ziehen. Einige der ermittelten Tatsachen erscheinen jedoch genügend wichtig, um bestimmte Ansichten begründet erscheinen zu lassen. Im allgemeinen steht fest, daß diejenigen Gesteinsarten, die sich im praktischen Gebrauch am besten bewährt haben, also solche, deren Verhalten mit „sehr gut“ oder „vorzüglich“ bezeichnet wird, durchweg auch die höchsten Prüfungsziffern in Druckfestigkeit, Härte und Zähigkeit, sowie die niedrigsten in Abnutzung aufweisen. Der Versuch zur Ermittlung

[1]) Die in Klammern stehenden Zahlen bedeuten die Gesamtzahl der Versuche, aus denen Durchschnittswerte gewonnen sind.

Digitized by Google

der Verkittungszahl scheint für die Beurteilung der Brauchbarkeit eines Gesteins zu praktischen Zwecken belanglos zu sein. Zähe Steine sind stets hart; die Prüfung der Gesteine auf Härte ergänzt zwar die Kenntnisse der Beschaffenheit des Gesteins, liefert jedoch Ergebnisse, die für die Beurteilung der Brauchbarkeit des Materials ziemlich wertlos sind. Aus der Zähigkeitsprobe erhält man dagegen Ergebnisse, die mit denen der praktischen Versuche sehr gut übereinstimmen; dasselbe gilt auch für den Abnutzungsversuch. Zweifellos leistet dieser Versuch wertvolle Dienste bei der Schätzung des Wertes eines Gesteins als Gleisbettungsmaterial. Auch wenn jeder Versuch getrennt für sich ausgeführt wird, ohne die Ergebnisse des anderen Versuches in Betracht zu ziehen, dürfte man ein zuverlässiges Bild von der Brauchbarkeit des Materials erhalten. Diejenigen Gesteinsarten, die bei den eingangs erwähnten Schubertschen Versuchen im geringsten Maße Staub bildeten, sind solche, die im allgemeinen sehr zähe und hart sind, sowie auch hohe Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung aufweisen.

Im allgemeinen wird man finden, daß Bettungsmaterial aus Trapgesteinen sich im Gebrauch gut bewährt hat, weil diese Gesteinsarten hart und zähe sind. In ihren physikalischen Eigenschaften weichen Kalksteine sehr stark voneinander ab. Einige Kalksteinarten sind verhältnismäßig hart und zähe und liefern brauchbares Bettungsmaterial, während andere wegen ihrer mangelhaften Zähigkeit und Härte für den Zweck gänzlich unbrauchbar sind. Das über Kalksteine Gesagte gilt auch für Granite, von denen einige wegen ihrer geringen Zähigkeit als Bettungsmaterial nicht verwendbar sind. Die großen Unterschiede, die in den physikalischen Eigenschaften von Gesteinen gefunden werden, lassen die unbedingte Notwendigkeit erkennen, das Steinmaterial vor seiner Verwendung als Gleisbettung genau und sorgfältig zu prüfen

Aus den in den Tabellen II und III zusammengestellten Versuchsergebnissen läßt sich ein verhältnismäßig deutliches, zahlenmäßiges Bild von den physikalischen Eigenschaften guten Bettungsmateriales gewinnen, trotzdem der etwas subjektiven Auffassung mancher Berichterstatter, die geneigt ist, den Wert der Berichte über das Verhalten des Bettungsmaterials herabzusetzen. Nichtsdestoweniger erscheint die Annahme gerechtfertigt, daß sich die relative Verwendbarkeit einer Steinsorte durch Prüfung derselben auf die oben genannten Eigenschaften und durch Aufstellung von Vergleichen mit den gewonnenen Werten ziemlich genau beurteilen läßt.

Digitized by Google

Digitized by Google

tigkeit von chen Probe- ern von 25·4 mm ∅ kg/cm²	V
—	Mangelhaft
—	Gut . . .
1924	Gut für Ka
—	Mangelhaf
—	
1477	Gut . . .
1883	Sehr gut.
—	Gut, nutzt
—	Gut . . .
—	Vorzüglich
1533	Befriedige
844	Gut, nutzt
1057	" "
1211	" "
1257	" "
1147	" "
1215	" "
1288	" "
1436	" "
1341	" "
1400	" "
2426	" "
—	" "
794	" "
608	" "
1327	" "
1635	Gut "

THE
JOHN CRERAR
LIBRARY

Digitized by Google

THE
JOHN CRERAR
LIBRARY

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XX1

ELEKTROLYTISCHE WIRKUNG AUF NICHT-ARMIERTEN BETON.

Von **Cyril de Wyrall**

Chef-Inspektor der Interborough Rapid Transit Co., New-York.

(Übersetzt von B. Fleischmann, Wien.)

Die Wirkung elektrolytischer Einflüsse auf Stahl und Eisen ist im allgemeinen in Technikerkreisen gut bekannt, diejenige auf Beton dagegen dürfte weder so allgemein verstanden sein noch auch wird dieser Erscheinung und ihren Ursachen genügende Aufmerksamkeit zugewendet. Vor ungefähr fünf Jahren beobachtete der Verfasser die Wirkung der Elektrolysis auf Säulenständer, welche in Betonpfeiler eingebettet waren. Es war zu ersehen, daß der die Ständer umgebende Beton ganz locker geworden war, und zwar in manchen Fällen derart, daß er als nahezu unbrauchbar bezeichnet werden mußte. Die Wirkung war noch bedeutend stärker an jenen Stellen, wo die Pfeiler naß waren. Da die Zahl der Ständer in diesen Pfeilern nur eine geringe war, interessierte es den Verfasser, zu erfahren, was mit reinem Beton geschehen würde, wenn durch ihn im nassen Zustande ein elektrischer Strom, der auf diesem Wege einen Erdschluß findet, hindurchgeht.

Vor vier Jahren wurde eine im Jahre 1902 errichtete Mauer untersucht. Diese Mauer, die keine Belastung zu tragen hatte, liegt unter dem Gezeitenniveau, ist 3 Fuß stark und besteht aus einer Mischung von 1 : 2 : 4 Teilen von Zement, Sand und Schlägelschotter. Sie wurde mit Sorgfalt und unter fachmännischer Aufsicht gesetzt. Die Untersuchung zeigte eine Lockerung in solchem Umfang, daß die Außenseite tatsächlich breiig war. Ein Jahr dar-

Digitized by Google

auf wurde eine neuerliche Untersuchung angestellt und dabei konnten große Flächen von 4—6 Zoll (125—150 mm) Dicke, die sich in der Hand zerbröckeln ließen, abgelöst werden. Vergangenes Jahr wurde eine fortschreitende Verschlechterung konstatiert und ein Meißel konnte 12 Zoll (305 mm) tief mit der freien Hand hineingetrieben werden.

Eine Probe mit dem Voltmeter zeigte, daß ein Strom von 11 Volt Spannung durch das Bauwerk hindurchging. Zur Zeit der zweiten Untersuchung wurde noch angenommen, daß die auftretenden Mängel auf die Wirkung des Salzwassers allein zurückzuführen seien, und erst vor kurzem wurde ein Versuch hinsichtlich vagabundierender elektrischer Ströme angestellt.

Es ist dies kein vereinzelter Fall. Es gibt ein ganz analoges zweites Beispiel, das nur insofern von dem früheren abweicht, als das Objekt ein Jahr später errichtet wurde und verschieden gebrannte Zementarten verwendet worden waren. Im Sommer des Jahres 1911 inspizierte der Verfasser einige Betontunnels und Betonbrücken, die von drei verschiedenen nach New-York führenden Bahnen errichtet worden waren. Diese Arbeiten waren erst kurze Zeit vollendet gewesen. Jede der Eisenbahnen hatte ihr eigenes Zementlaboratorium und die verschiedenen gebrannten Zemente wurden strenge untersucht. Die Objekte stehen sämtlich über dem Gezeitenniveau und sind nur stellenweise naß. Wo der Beton naß ist, wurden 1 bis 5 Volt gemessen und der Beton verschlechterte sich, wenn auch nicht in dem Maße wie in den früheren Fällen. Wo der Beton trocken ist, wurde kein elektrischer Strom gefunden und der Beton befindet sich dort in vorzüglichem Zustand. Dies zeigte sich am deutlichsten in ein und demselben Tunnel, wo der Beton jedenfalls gleichartig gemischt und zu gleicher Zeit aufgeführt worden war. Es scheint keinen Unterschied auszumachen, ob der Beton bei kaltem oder warmem Wetter gesetzt wurde, da die Verschlechterung in ganz gleicher Weise fortschreitet; der einzige Unterschied zeigt sich zwischen nassen und trockenen Stellen.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß feuchter Beton ein vorzüglicher Leiter ist, während trockener Beton nicht leitet. Elektrischer Strom im Verein mit Wasser scheinen als zerstörendes Element auf Beton einzuwirken, indem sie dessen Kohäsion vernichten und ihn zu einem Teig umgestalten, der getrocknet mit

Digitized by Google

den Fingern zerrieben werden kann. Dieser Umstand fordert rasche Abhilfe, da andernfalls ernste Gefahren auftreten.

Es konnten hier nur die Wirkungen bekanntgemacht werden, die auf Grund sorgfältiger und andauernder Untersuchungen festgestellt wurden. Ein wirksames Mittel zur Verhütung derartiger Schäden kann aber immerhin schon erwähnt werden: alle von Erde umgebenen Teile einer Betonkonstruktion gründlich vor Wasser zu schützen. Dieser Schutz wirkt dann in zwei Richtungen: er hält die Konstruktion trocken und isoliert gegen elektrische Ströme.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XX2

WASSERDICHTER BETON.

Von **Albert Grittner** in Budapest.

Die Anwendung der Fluate zur Herstellung wasserdichten Betons ist lange bekannt. Dieses Verfahren beansprucht viel Zeit und Arbeit, denn nur durch mehrmalige Fluatisierung kann der gewünschte Zweck erreicht werden. Man war daher bemüht, andere Stoffe ausfindig zu machen, welche dem Beton beigemischt seine Wasserdichtheit ermöglichen und durch die die Kosten verringert und an Arbeit gespart werden kann.

Ich habe zwei solcher Stoffe untersucht, und zwar das „Biber" und das „Aquabar". Die Versuche, welche ich angestellt habe, wobei die genannten Stoffe nach Vorschrift der Erzeuger angewendet wurden, ergaben kein zufriedenstellendes Resultat. Diese Versuche haben auch bewiesen, daß das „Biber" durch gewöhnliche Steinkohlenteeröl zu ersetzen ist und mit diesem ganz gleiche, aber ebenso wenig zufriedenstellende Resultate erzielt werden können wie mit „Biber".

Die Ersetzung des Aquabars, einer Seifenlösung, durch eine Lösung gewöhnlicher Waschseife gelang nicht. Wurde aber die gewöhnliche Waschseife, die eine Natronseife ist, durch Kaliseife ersetzt, so habe ich nicht nur günstige, sondern überraschende Resultate erzielt.

Bevor ich auf die Versuche mit Kaliseife übergehe, möchte ich diejenigen Versuche anführen, die ich bei Anwendung der Fluate erhalten habe.

Zu diesen Versuchen wurde Portlandzement und kleinkörniger Kunstsand, hergestellt aus Karstkalkstein, angewendet. Dieser Sand bestand aus 58% Körner unter 3 mm und 42% über 3 mm Korngröße.

Digitized by Google

Zum Zwecke der Erprobung der Fluatisierung wurden hohle Würfel mit 7 cm Kantenlänge und 1 cm Wandstärke hergestellt; ferner wurden, um Saughöhen zu bestimmen, Prismen von 21 cm Höhe und 5 × 5 cm Querschnitt angefertigt; endlich wurden Scheiben von 9 cm Durchmesser und 1 cm respektive 3 cm Dicke auf dem Apparat von Böhme auf Wasserdruck erprobt.

Der Portlandzement, nach den ungarischen Zementnormalien geprüft, ergab nach 28 Tagen folgende Festigkeit:

Zugfestigkeit 37·4 kg Druckfestigkeit 444 kg

Die verwendete Magnesiafluatlösung war 20° Beaumé.

Die Probekörper wurden so hergestellt, daß nach Fertigstellung das Raumgewicht 2·31 war.

Die Versuchsresultate waren folgende:

Mischungs-Verhältnis	Wasser % auf das Zementgewicht	Zement in m³ Mörtel in kg	Wasserdichtigkeit in welchem Zustand?	Verbrauchte Fluatlösung auf m² in kg	Saughöhe der Prismen nach 24 St. in cm	In 24 St. durchgegangenes Wasser bei 2·1 Atm. Druck pro cm² in Gramm		Wasseraufnahme der hohlen Körper nach 24 Std. in % bezogen auf das Gewicht der Körper	
						1 cm dicke Scheibe	3 cm dicke Scheibe	%	Anmerkung
1:3	50	458	Ohne Fluat	—	6	0·78	0·41	19·6	Wasser innen 3 cm hoch
			2 mal Fluat	0·4	5	0·31	0·24	9·2	Wasser innen 1 cm hoch
			4 mal Fluat	0·7	3	0·12	0·04	1·2	Ganze Fläche innen feucht
			6 mal Fluat	0·9	1·5	0·04	0·00	0·7	Auf einer Stelle feucht

Die Prismen und hohlen Körper standen im Wasser von 4 cm Höhe; letztere wurden mit Glasplatten bedeckt, damit das eingesickerte Wasser nicht verdunsten könne.

Die Versuche zeigten, daß die Wasserdichtigkeit erst nach mehrfacher Fluatisierung zu erreichen ist, wodurch aber dieses Verfahren zu kostspielig wird.

Die Versuche mit Kaliseife wurden auf Anregung des Professors der technischen Hochschule in Budapest Dr C. Zielinszky angestellt, der bei einem Betonbau mit Kaliseife gute Resultate erzielt hatte.

Digitized by Google

Der zu diesen Versuchen verwendete Portlandzement hatte nach 28 Tagen

Zugfestigkeit 31·8 kg Druckfestigkeit 440 kg

Der verarbeitete Flußsand war feinkörnig; 94% unter 3 mm. Das Raumgewicht des Sandes war 1·52. Die Anmachflüssigkeit bestand aus einer Seifenlösung, die 8 kg Kaliseife in 100 l Wasser enthielt. Es sei ausdrücklich betont, daß man die Seife vollständig lösen muß, was man am besten erreicht, wenn zur Herstellung warmes Wasser benützt und die Lösung nachher durch ein dichtes Gewebe filtriert wird.

Das Raumgewicht der Probekörper war 2·22. Die Probekörper wurden nach 28 Tagen, während welcher Zeit dieselben feucht aufbewahrt waren, auf einem geheizten Ofen vollständig ausgetrocknet. Nach beendeten Versuchen wurden die Körper neuerdings bei 120° C getrocknet und abermals geprüft, ob sich die Wasserdichtigkeit nicht ändert. Die Versuche zeigten im ersten wie im zweiten Falle ein gleiches Resultat. Die Abmessungen der Probekörper waren dieselben, wie bei den Versuchen mit Fluat beschrieben.

Die Versuchsergebnisse sind folgende:

Mischungs-Verhältnis	Flüssigkeit % auf Zement	Zement kg in 1 m³ Mörtel	Druckfestigkeit nach 28 Tagen	Saughöhe der Prismen in cm		Wassersäule von 85 cm fällt bei der Scheibe von 1 cm Dicke auf cm		Wasserdruck von 2·1 Atm. Scheibe von 3 cm läßt in 24 St. pro cm² Wasser durch in Gr.	Wasseraufnahme der Hohlkörper bezogen auf das Gewicht der Körper in Prozenten		
				1 St.	24 St.	24 St.	8 Tg.		24 St.	8 Tg.	Anmerkung
1:2·5	40	563	242	2	5	83	81	88	2·5	4·0	Durchnäßt, Wasser eingedrungen
			210	0	0	85	85	0	0	0	Vollständig trocken

Auffallend, ja sogar überraschend ist bei den Probekörpern, die mit Kaliseife hergestellt waren, daß nicht nur die Hohlkörper und Prismen vollständig wasserdicht waren, sondern auch die Scheibe von 1 cm Dicke eine Wassersäule von 85 cm hielt, ohne daß diese nach 8 Tagen gefallen wäre. Noch auffallender ist der Versuch, wobei die Scheibe von 3 cm Dicke auch dem Drucke von 2·1 Atmosphären widerstand, ohne daß sie nach 24 Stunden merklich durchnäßt gewesen wäre.

Digitized by Google

Dieser Versuch beweist glänzend, daß ein dichter Beton, zu dessen Herstellung Schmierseife verwendet wird, vollständig undurchlässig für Wasser ist, ohne dabei jene mühsame Arbeit anzuwenden, die bei erfolgreicher Fluatisierung notwendig ist.

Nicht nur dieser Versuch, sondern auch die praktische Anwendung dieses Verfahrens beweist die Richtigkeit der gefundenen Tatsachen. Das Reservoir des Wasserturmes auf der Margaretheninsel in Budapest von 600 m^3 wurde mit Kaliseife hergestellt, nachdem Vorversuche mit großen Hohlkörpern die vollständige Wasserundurchlässigkeit des zur Verwendung gelangenden Betons bewiesen haben. Die Herstellung eines Betons mit Kaliseife stellt sich auch nicht hoch. Der Kubikmeter Beton würde höchstens mit 10 Kronen teurer zu berechnen sein.

Es ist richtig, daß ein fester und vollständig dichter Beton, der mit reinem Zement sehr sorgfältig gedichtet und verputzt wird, auch wasserdicht ist, doch ist mit Kaliseife dasselbe Ziel leichter, mit weniger Mühe und Sorgfalt und dabei billiger zu erreichen.

Es war noch eine wichtige Frage zu lösen. Es muß zugestanden werden, daß bedeutende Ersparnisse erzielt werden können, wenn derselbe Zweck durch Anwendung geringerer Mengen Zementes erreicht werden kann. Ist es unbedingt notwendig, daß der Kubikmeter Beton 500 kg Zement enthalten soll, könnte der Zweck mit 300 kg Zement nicht erreicht werden?

Es wurden daher Versuche angestellt, bei denen im Kubikmeter fertigen Betons nur 300 kg Zement vorhanden waren. Zu diesen Versuchen wurden Hohlkörper von 20 cm Kantenlänge hergestellt, die Wandstärke betrug 4 cm. Die Versuchskörper wurden aus Portlandzement hergestellt, dessen Versuchsergebnisse nach 28 Tagen folgende waren:

Zugfestigkeit 34·2 kg Druckfestigkeit 337 kg

Der zu den Versuchen verwendete Donausand hatte ein Raumgewicht von 1·62; das Porenvolumen betrug 35%. Der Schotter von höchstens 2 cm Korngröße war Donauschotter mit einem Raumgewicht von 1·59 und 39% Porenvolumen. Der Beton wurde mit 71·5% Wasser respektive 8%iger Kaliseifenlösung auf den verwendeten Zement hergestellt und wurde 3 Wochen feucht aufbewahrt und dann der Probe unterworfen. Aus diesem Beton

Digitized by Google

wurden auch Prismen von 21 cm Länge und 5 × 5 Querschnitt hergestellt, die ebenfalls 3 Wochen feucht aufbewahrt, sodann im Trockenschrank bei 100° C getrocknet und stehend in Wasser von 10 cm Tiefe eingestellt wurden; nun wurde die Wasseraufnahme beobachtet.

Die Versuchsergebnisse sind aus folgender Zusammenstellung zu ersehen, wozu noch zu bemerken wäre, daß auch Würfel von 20 cm Kantenlänge für Druckversuche hergestellt waren, dessen Druckfestigkeit als Mittel aus 3 Versuchen angeführt ist.

Mischungsverhältnis nach Gewicht	Anmachflüssigkeit	Flüssigkeit bezogen auf Zement in Prozenten	Zement kg in 1 m³ Mörtel	Druckfestigkeit nach 28 Tagen	Abnahme des Wasserniveaus, das 2 l betrug und 150 mm hoch stand, im Hohlkörper nach				Gewicht der Prismen nach Verweilen im Wasser von 10 cm Tiefe in Gramm			Wasserdruck von 2·1 Atm. Scheibe von 3 cm Dicke läßt pro dm² Wasser durch nach 6 Tagen	Anmerkung
					1 Tag	2 Tage	1 Woche	2 Wochen	Ursprünglich	1 Tag	1 Woche		
1:1·5:2·5	Wasser	71·5	300	83·2	10	15	42	65	1162	1223	1245	38·4	Die Scheiben wurden nach 3 Wochen im Trockenschrank ausgetrocknet.
	Seife		294	75·0	1	1·5	2	3	1176	1184	1194	0	

Diese Versuche beweisen, daß mit Kaliseife ein wasserdichter Beton auch dann hergestellt werden kann, wenn auf 1 m³ Beton nur 300 kg Portlandzement genommen werden. So wie der vorherige Versuch mit 500 kg Zement, bewies auch dieser Versuch, daß Scheiben von 3 cm Dicke, einem Wasserdruck von 2·1 Atm. 6 Stunden ausgesetzt, nicht die geringste Menge Wasser durchließen, ja sogar nicht einmal feucht wurden, wenn zu ihrer Herstellung Kaliseife verwendet wurde. Dieselbe Scheibe war bereits nach einer Stunde durchnäßt, wenn zu der Herstellung Wasser verwendet wurde.

Um wasserdichten Beton mit Kaliseife herzustellen, ist es eine Hauptbedingung, daß der Beton so hergestellt wird, daß er vollkommen dicht ist; es sollen die Poren des Sandes mit Zement ausgefüllt werden, da aber dazu sehr viel Zement notwendig wäre, ist dieser Mörtel mit soviel Schotter zu mischen, daß dieser im Mörtel eingebettet wird und dadurch einen Teil des Porenvolumens ausfüllt.

Zusammenfassung.

1. Wasserdichter Beton kann durch Fluatisierung hergestellt werden. Das Verfahren erfordert viel Arbeit und Zeit.

Digitized by Google

2. Durch Verwendung einer 8%igen Kaliseifenlösung statt Wassers bei der Betonbereitung kann ein so wasserdichter Beton hergestellt werden, der allen Ansprüchen auf Wasserdichtigkeit entspricht.

3. Um wasserdichten Beton mit Kaliseife herzustellen, muß man pro Kubikmeter Beton mindestens 300 kg guten Portlandzement verwenden, bei minder gutem Zement ist es angezeigt, 500 kg Zement pro Kubikmeter Beton zu verwenden.

Der Verfasser kommt zu dem Ergebnis, daß man wasserdichten Beton, der jeder Anforderung entspricht, durch Anwendung 8%iger Kaliseifelösung erhält, wenn per Kubikmeter Beton 300—500 kg Portlandzement verwendet werden.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XX3

VERSUCHE FÜR BETON.

Von **Cloyd M. Chapman**, New York, N. Y.

Prüfungs-Ingenieur der Fa. Westinghouse, Kerr and Co., New York.

(Übersetzt von H. Burchartz.)

Die Kunst wie die Wissenschaft der Anwendung von Beton hat in den letzten 20 Jahren sehr rasche Fortschritte gemacht. Heute wird das Material zu so vielen Zwecken und unter so vielen Bedingungen von Personen verwendet, die kaum über die notwendige Sachkenntnis verfügen, daß die jetzt ausgeübte Arbeitsaufsicht kaum den Anforderungen der Praxis genügen dürfte.

Trotz der großartigen Entwicklung der Betonindustrie und ihrer schnellen Eroberung neuer Arbeitsgebiete gibt es zurzeit keine anerkannten Normenprüfungen oder Ausführungsbestimmungen für Beton, die allgemein gebräuchlich sind.

Die nach den Normen vorgeschriebenen Laboratoriumsversuche für den Zement und die Zuschlagstoffe lassen sich wohl sorgfältig und mit Genauigkeit ausführen und mögen den Beweis der Tauglichkeit der Materialien für den betreffenden Zweck liefern, die Ergebnisse werden jedoch wertlos und irreführend, wenn die Verarbeitung der Materialien der Güte derselben nachsteht. Die Untersuchung des fertigen Betons stellt das einzige Mittel dar, die Güte der ausgeführten Arbeit festzustellen.

Es wird kaum möglich sein, einen einzigen Versuch oder eine einzige Vorschrift auf jede Art von Beton anzuwenden. Sicherlich dürfte es aber Zeit sein, Maßregeln zu ergreifen, um ein einheitliches Prüfungsverfahren auszubilden, das bei Beton für Gründungen, Brücken, Talsperren, Hochbauten und ähnlichen Arbeiten Anwendung finden soll.

Digitized by Google

Zweck dieser Abhandlung ist es, einige der Versuchsarten vorzuführen, die bei der Prüfung eines solchen Betons zur Anwendung gelangen könnten, in der Hoffnung, daß die sich an die Abhandlung anschließende Besprechung zu weiteren Schritten Veranlassung geben wird, die zur Entwicklung und allgemeinen Einführung eines Versuchsverfahrens führen, nach dem sich die Güte des zu solchen wichtigen Bauten zu verwendenden Betons richtig beurteilen läßt.

In der Abhandlung wird die Einführung irgendeines der beschriebenen Verfahren nicht empfohlen. Einige davon sind nicht ernsthafter Erwägungen wert. Eine Normenprüfung erscheint jedoch dringend notwendig, und aus einigen der nachstehend aufgeführten Prüfarten dürfte sich ein Verfahren entwickeln lassen, das eine verhältnismäßig genaue Beurteilung der Beschaffenheit des Betons in einem fertigen Bauwerke gestattet.

Druckversuch mit geformten Probekörpern.

Ein Prüfungsverfahren, das als „Druckversuch mit geformten Probekörpern" bezeichnet werden kann, wird bereits in einem gewissen Umfange angewendet, obgleich die von den einzelnen Ingenieuren benutzten Verfahren in ihren Einzelheiten nur sehr wenig untereinander übereinstimmen. Das Verfahren besteht darin, auf der Baustelle würfel-, prismen- oder zylinderförmige Proben aus dem zur Verarbeitung gelangenden Beton zu fertigen und diese Probekörper später dem Druckversuche zu unterwerfen.

In Gehalt und Größe weichen diese Probekörper stark voneinander ab. Würfel von 5 bis 30 cm Seitenlänge und Zylinder von 15 bis 30 cm Durchmesser, deren Länge zwischen 5 und 45 cm schwankt, werden verwendet. Als Formen zum Einschlagen werden sowohl rohe Holzkästen wie genau gearbeitete Metallformen verwendet. In den Fällen, in denen Holzkästen benutzt werden, dienen diese gleichzeitig zur Verpackung der Probekörper für den Versand an die Laboratorien.

Zu den Vorzügen dieser Versuchsart rechnet man die Leichtigkeit der Herstellung der Probekörper auf der Baustelle und die Zuverlässigkeit, mit der die Festigkeit der Probe im Laboratorium ermittelt werden kann. Von den Nachteilen, die diesem Verfahren anhaften, sind folgende zu erwähnen: Der geprüfte Beton ist nicht der im Bauwerk befindliche, die Probe bindet ab und erhärtet

Digitized by Google

unter Bedingungen, die mit den wirklichen Verhältnissen nicht übereinstimmen, und der Probekörper stellt Beton dar, dessen Beschaffenheit nicht immer derjenigen des Betons im übrigen Teil des Bauwerkes entspricht.

Damit die Ergebnisse der nach irgendeinem Verfahren angestellten Versuche gleichmäßiger ausfallen und die von einem Forscher erzielten Ergebnisse mit denen von anderen erzielten unmittelbar miteinander verglichen werden können, ist es erforderlich, daß alle Verfahren und Bedingungen, die auf die Versuchsergebnisse von Einfluß sein können, in allen Fällen gleich sind.

Für obiges Verfahren würde es daher erforderlich sein, folgende Einzelheiten des Versuches genau festzulegen: 1. die Gestalt des Probekörpers; 2. die Größe des Probekörpers; 3. die Art der Anfertigung des Probekörpers; 4. die Art der Aufbewahrung des Probekörpers vor Vornahme des Versuches; 5. das Alter des Probekörpers bei Ausführung der Prüfung und 6. das bei der Prüfung selbst anzuwendende Verfahren.

Zugversuch mit geformten Probekörpern.

Ein zweites Verfahren, das benutzt werden kann, ist eine Abart des vorbeschriebenen und weicht von diesem nur insofern ab, als der Probekörper auf Zug anstatt auf Druck geprüft wird. Im allgemeinen weist dieses Prüfungsverfahren dieselben Vorzüge und Nachteile auf wie das erstgenannte. Bei dem Zugversuche liegt indessen eine große Schwierigkeit vor, nämlich die Erzielung gleichmäßiger Verteilung der Spannung über den ganzen Querschnitt des Probekörpers. Die Einzelheiten des Versuches, die eine Vereinheitlichung erfordern, sind dieselben wie beim Druckversuche.

Versuche mit herausgeschnittenen Probekörpern.

Namentlich bei der Prüfung von Proben alten Betons oder von Beton, der aus Bauwerken, die zusammengestürzt sind oder unter Feuer, Überflutung u. dgl. Schaden erlitten haben, hat ein drittes Verfahren Anwendung gefunden, das als „Versuch mit herausgeschnittenen Proben“ bezeichnet wird. Für diesen Versuch wird aus dem Beton ein Probekörper in Gestalt eines Würfels, Prismas oder Zylinders mittels eines geeigneten Werkzeuges herausgeschnitten und dann in einer Presse zerdrückt.

Digitized by Google

In Größe und Gestalt weichen auch die zu diesen Versuchen verwendeten Probekörper stark voneinander ab. Die Versuchsstücke sind oft verhältnismäßig klein, weil das Schneiden derselben mit Schwierigkeiten verknüpft ist.

Von den Vorzügen dieses Prüfungsverfahrens mögen nachstehende angeführt werden: Der Versuchskörper stellt einen integrierenden Teil des Bauwerkes dar; das Abbinden und Erhärten des Probekörpers erfolgt unter denselben Bedingungen wie das der übrigen Teile des Bauwerkes, und jeder beliebige Teil des Bauwerkes kann geprüft werden, wenn nicht etwaige Eiseneinlagen die Entnahme der Proben verhindern.

Zu den Nachteilen des Verfahrens gehören folgende:

Die Schwierigkeit des Herausschneidens geeigneter Versuchsstücke; der Nachteil des Einstemmens in neuen Beton und das Flicken der entstandenen Öffnung; die Unmöglichkeit, brauchbare Probekörper aus einigen sehr wichtigen Teilen gewisser Bauwerke herauszuschneiden, weil das Vorhandensein der Eiseneinlagen dies verhindert, und die Möglichkeit, den Probekörper bei seiner Entnahme durch Bohren zu schädigen.

Die Einzelheiten dieses Versuches, deren einheitliche Festlegung erforderlich sein würde, um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, sind folgende:

1. Die Größe des Probekörpers; 2. die Gestalt des Probekörpers; 3. das zur Entnahme der Probe aus dem Bauwerke anzuwendende Verfahren; 4. der Zeitpunkt der Entnahme der Probe; 5. die Art der Lagerung der Probe in der Zeit zwischen Entnahme aus dem Bauwerke und dem Versuche; 6. das Alter des Probekörpers bei der Prüfung und 7. die Art der Versuchsausführung.

Eindringversuch.

Ein viertes Prüfungsverfahren kann als „Eindringversuch" bezeichnet werden. In seiner rohesten Form besteht dieser darin, daß man nach Ablauf eines bestimmten Zeitraumes nach Anfertigung des Probekörpers einen Nagel bestimmter Größe in den Beton einzutreiben versucht und hierbei beobachtet, ob der Nagel eingetrieben werden kann oder ob er beim Eintreiben krummgeschlagen wird, bevor er bis zu seiner vollen Länge eingedrungen ist.

Dieser Versuch hat bisher keine weite Verbreitung gefunden. Sein Hauptvorzug liegt in seiner Einfachheit, während sein größter

Digitized by Google

Nachteil der gänzliche Mangel an Genauigkeit ist. In seiner vorbeschriebenen Form verdient der Versuch wenig oder keine Beachtung.

Ritzversuch.

Eine Modifikation des Eindringversuches, die bei der Prüfung von Beton angewendet werden kann, ähnelt dem Versuche, der zum Vergleiche der Härte von Metallen benutzt wird. Diesem Versuche kann man wohl die Bezeichnung „Ritzversuch" beilegen. Er besteht im wesentlichen darin, daß man einen harten Körper von mehr oder weniger spitzförmiger Gestalt in die Oberfläche des zu prüfenden Materiales eintreibt. Die Eindringtiefe des Körpers, dessen Eintreibung unter Schlag oder Druck erfolgt, wird genau gemessen.

Bei der Prüfung von Beton hat dieser Versuch, soweit bekannt, noch keine Anwendung gefunden. Der Wert der auf die angedeutete Weise zu erzielenden Versuche erscheint daher etwas problematisch. Zu den Vorzügen des Verfahrens gehören folgende Faktoren: Der geprüfte Beton bildet einen integrierenden Teil des Bauwerkes; seine Abbindung und Erhärtung erfolgt unter denselben Bedingungen wie die der übrigen Teile des Bauwerkes; jeder Teil des Bauwerkes, der zugänglich ist, kann geprüft werden; beim Erhärten kann derselbe Beton zu verschiedenen Zeiten geprüft werden; Prüfungsapparate und Prüfungsverfahren sind einfach. Von den Nachteilen des Versuches sind nachstehende erwähnenswert: Die Prüfung des Betons beschränkt sich auf kleinere Flächen der Außenseite des Körpers und läßt das Innere des Körpers unberücksichtigt; die Auswertung der erzielten Prüfungsergebnisse ist noch unsicher, solange nicht genügende Erfahrungen gesammelt worden sind, um sie richtig auszulegen; die ungleichmäßige Beschaffenheit des Betons macht es erforderlich, die Oberfläche der Probekörper an vielen Stellen zu prüfen, um einen brauchbaren Durchschnittswert zu erzielen, und schließlich wird nur die Oberfläche der Probekörper untersucht.

Für diesen Versuch müßten folgende Einzelheiten geregelt werden, um vergleichbare Versuchsergebnisse erlangen zu können: 1. Die genaue Gestalt und Größe des Ritzkörpers; 2. der beim Eintreiben anzuwendende Druck oder die Anzahl der auszuübenden Schläge; 3. das bei der Ausübung des Druckes oder der Schläge

Digitized by Google

anzuwendende Verfahren und 4. die Art der Messung der Eindringtiefe.

Doppelt-Bauglied-Probe. (Duplicate member test.)

Ein Verfahren, das in einigen wenigen Fällen bei sehr wichtigen Bauausführungen angewendet worden ist, kann als „Doppelt-Bauglied-Probe" bezeichnet werden. Bei seiner Anwendung wird gleichzeitig mit der Ausführung des Hauptbaues ein Konstruktionsteil, z. B. ein Balken, ein Unterzug, eine Platte oder ein Gewölbe in Duplikat hergestellt, und, nachdem er ein gewisses Alter erreicht hat, bis zum Bruch belastet. Manchmal werden Versuchsstücke geprüft, die etwas kleiner als die Originale sind.

Das geschilderte Prüfungsverfahren weist u. a. nachstehende Vorzüge auf: Der Beton wird Spannungsverhältnissen unterworfen, die denen im fertigen Bauwerke herrschenden ähneln; aus dem Versuche lassen sich auf die Zweckmäßigkeit der Konstruktion Schlüsse ziehen; aus der Art der Zerstörung lassen sich die schwachen Stellen in der Konstruktion erkennen, und endlich wird bei sorgfältiger Ausführung der geprüfte Beton unter Bedingungen abbinden und erhärten, die denen im auszuführenden Bau bestehenden sehr ähnlich sind. Als Hauptnachteile des Verfahrens gelten folgende Punkte: Der geprüfte Beton ist nicht derselbe, aus dem der eigentliche Bauteil besteht; wenn nicht große Sorgfalt ausgeübt wird, kann es vorkommen, daß der Beton nicht unter den gleichen Bedingungen abbindet und erhärtet wie im eigentlichen Bauwerke; auch ist der Versuch zeitraubend und erfordert einen großen Arbeits- und Kostenaufwand.

Um nach diesem Verfahren vergleichbare Ergebnisse erzielen zu können, müßten folgende Einzelheiten des Versuchsvorganges festgelegt werden: 1. Die Art der Anfertigung des Probekörpers; 2. die Art der Aufbewahrung der Probe; 3. das anzuwendende Prüfungsverfahren und 4. die Art der Auswertung der Versuchsergebnisse.

Einheits-Bauglied-Probe. (Standard member test.)

Ein anderes Versuchsverfahren, das bereits zur Anwendung gekommen ist, ähnelt dem vorbeschriebenen und besteht darin, einen normalen Balken mit normaler Eiseneinlage herzustellen und zu prüfen, wobei jedoch weder Balken noch Eiseneinlage Duplikate

Digitized by Google

oder Modelle irgend eines Konstruktionsteiles des Bauwerkes sind. Dieses Prüfungsverfahren kann als „Einheits-Bauglied-Probe“ bezeichnet werden. Angewendet wird das Prüfungsverfahren von v. Emperger (Wien), der seine allgemeine Anwendung empfiehlt. Bei diesem Versuche werden gleichmäßig bewehrte Balken bestimmter Größe und Gestalt aus dem Beton angefertigt, der bei der Bauausführung verarbeitet wird. Nachdem die Balken ein genügendes Alter erreicht haben, werden sie bis zum Bruche belastet. Aus den ermittelten Werten wird dann die Festigkeit des Betons nach bestehenden Formeln berechnet.

Als Hauptvorzüge dieses Prüfungsverfahrens sind anzuführen: 1. Der Beton wird unter Spannungsbedingungen geprüft, die denen sehr ähnlich sind, denen er in einem bewehrten Bauwerke unterworfen wird; bei Aufwendung genügender Sorgfalt bei Ausführung des Versuches wird der Beton unter Verhältnissen abbinden und erhärten, die den in dem Bauwerke herrschenden sehr ähnlich sind, und schließlich ist der Versuch verhältnismäßig leicht ausführbar und erfordert keinen verwickelten Apparat. Einige der diesem Prüfungsverfahren anhaftenden Nachteile sind folgende: Der bei den Versuchen verwendete Beton ist nicht derjenige, der bei der Ausführung des eigentlichen Bauwerkes benutzt wird; Abbinden und Erhärten des Betons können unter ganz anderen Bedingungen vor sich gehen, als bei dem auszuführenden Bauwerke herrschen.

Folgende Einzelheiten des Versuches erfordern Vereinheitlichung: 1. Die Gestalt und Größe des Probebalkens; 2. die Art und Einzelheiten der Bewehrung: 3. die Art der Herstellung des Balkens; 4. die Art der Lagerung des Probekörpers; 5. das Alter der Probe bei Vornahme des Versuches; 6. die Art der Belastung, und 7. die Auswertung der Versuchsergebnisse.

Zugversuch.

Eine achte Versuchsart für eingebauten Beton ist in mindestens einem Falle in den Vereinigten Staaten zur Anwendung gekommen. Für den Versuch kann die Bezeichnung „Zugversuch“ gewählt werden. Er besteht darin, daß verdrehte Eisenstücke in den Beton beim Ausfüllen der Formen eingelegt und später aus der erhärteten Masse in einer solchen Weise herausgezogen werden, daß dabei die aufgewendete Zugkraft gemessen werden kann. Bei der Ausführung dieses

Digitized by Google

Versuches wurde das Ende einer deformierten Bewehrungseinlage einige Zentimeter tief in den zu untersuchenden Beton eingebettet und nach Ablauf eines bestimmten Zeitraumes mittels einer eisernen, als Hebel wirkenden Stange herausgezogen. Die Unreife dieses Versuches ist derart einleuchtend, daß von einem weiteren Eingehen Abstand genommen werden kann. Des Versuches ist nur deshalb Erwähnung getan worden, weil er als Anregung für praktischere Versuchsarten dienen könnte.

Verbesserter Zugversuch.

Eine wesentliche Verbesserung des vorbeschriebenen Prüfungsverfahrens würde sich erzielen lassen, wenn an Stelle der deformierten Bewehrungseisen Metallkörper solcher Gestaltung verwendet würden, die keine Möglichkeit zulassen, daß die Verbindung zwischen Einlage und Beton eher nachgibt als der Beton selbst.

Die Hauptvorzüge dieses Prüfungsverfahrens sind folgende: Der geprüfte Beton bildet einen integrierenden Teil des Bauwerkes; sein Abbinden und Erhärten erfolgt unter denselben Bedingungen wie das des Betons im Bauwerk; der Versuch ist an jeder zugänglichen, im voraus bestimmten Fläche des Bauwerkes; er ist einfach und leicht ausführbar. Der Versuch weist u. a. folgende Nachteile auf: Nur solche Stellen, die vorher bestimmt und während des Einbringens des Betons für die Prüfung vorbereitet worden sind, lassen sich untersuchen; eine richtige Auswertung der Versuchsergebnisse wird erst nach längerer Anwendung des Prüfungsverfahrens in der Praxis möglich sein; die genaue Untersuchung des Flächeninhaltes der becherförmigen Bruchfläche ist schwierig.

Für diesen Versuch müßten folgende Einzelheiten festgelegt werden: 1. Die Gestalt und Größe des Metallkörpers; 2. die Tiefe, bis zu der dieser in die Probe eingebettet werden soll; 3. die Art der Einbettung des Probekörpers; 4. die Art des Herausziehens des Metallkörpers, und 5. das Verfahren der Auswertung der Versuchsergebnisse.

Abgeänderter Zugversuch.

Durch eine kleine Änderung des vorbeschriebenen Versuchsverfahrens lassen sich einige der vorerwähnten Anstände beheben. Bei diesem, dem zehnten Versuche, wird ein Loch in der Oberfläche des Betons gebohrt, das an seiner tiefsten Stelle größer ist als an der Eingangsstelle. In diese Höhlung wird ein metallener

Digitized by Google

Stöpsel eingebettet und später auf dieselbe Weise herausgezogen wie bei dem Zugversuch.

An Vorzügen dieser Versuchsart sind anzuführen: Der Beton bildet einen integrierenden Teil des Bauwerkes; das Abbinden und Erhärten des geprüften Betons erfolgt unter denselben Bedingungen wie bei dem Bauwerke; jede zugängliche Stelle der Oberfläche des Bauwerkes kann auf einfache und leicht ausführbare Art untersucht werden. Dieses Prüfungsverfahren weist dagegen die Nachteile auf, daß es schwierig ist, die Versuchsergebnisse richtig auszuwerten und den Flächeninhalt der becherförmigen Bruchfläche genau zu bestimmen.

Für diesen Versuch erfordern folgende Einzelheiten Vereinheitlichung: 1. Das beim Bohren der Öffnung anzuwendende Verfahren; 2. die Art der Einbettung des metallenen Stöpsels; 3. die Gestalt und Größe des Stöpsels; 4. die Art des Herausziehens des Körpers und 5. die Auswertung der Versuchsergebnisse.

Andere Versuche.

Es gibt auch noch andere Verfahren, die über die Beschaffenheit von fertigem Beton Aufschluß geben könnten.

Eine Wasseraufnahmeprüfung, durch die die Dichtigkeit der Masse ermittelt wird, und eine Formänderungsbestimmung, bei der die Formänderung eines Gliedes eines Bauwerkes unter bekannten Lasten mittels empfindlichen Instrumenten genau gemessen wird.

Selbst die vorangeführten zwölf Versuchsverfahren dürften nicht das ganze uns zur Verfügung stehende Material darstellen. Dies ist auch nicht der Zweck dieser Abhandlung; sein Hauptzweck ist vielmehr der, auf die Tatsache hinzuweisen, daß es eine Anzahl von geeigneten Prüfverfahren gibt. Auch soll auf die dringende Notwendigkeit der Einführung des einen oder anderen Verfahrens als Normenprobe hingewiesen werden. Die Einführung eines bestimmten Prüfungsverfahrens wird von dem Verfasser nicht empfohlen. Auch glaubt er nicht, daß irgend eines der angeführten Verfahren vollkommen ist. Es ist jedoch derart wichtig, in irgendeiner Form ein Verfahren für die Prüfung fertiger Bauten zu besitzen, das als Norm gelten kann, daß es als Pflicht des Kongresses erscheint, Schritte nach dieser Richtung zu unternehmen.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XX4

VERSUCHE DES MELIORATIONSBAUAMTES DER AMERIKANISCHEN BUNDESREGIERUNG MIT BETON-MATERIALIEN.

Von

J. Y. Jewett, Sachverständiger für Zement des Meliorationsbauamtes der amerikanischen Bundesregierung (U. S. Reclamation Service), Denver, Colorado.

(Übersetzt von H. Burchartz.)

Einleitung. Zum Geschäftsbereich des Meliorationsamtes der amerikanischen Bundesregierung, einer Abteilung des Ministeriums des Innern, gehört die Ausführung von Bewässerungsarbeiten in den halbtrockenen und öden Ländereien im Westen der Vereinigten Staaten, welche Arbeiten nach den Bestimmungen eines vom Kongreß unter dem 17. Juni 1902 angenommenen Gesetzes vollführt werden.

Seit seiner unter den Bestimmungen dieses Gesetzes erfolgten Organisation sind seitens des Amtes 27 größere Bauten ausgeführt worden, die über das ganze Gebiet der westlichen Hälfte der Vereinigten Staaten zerstreut liegen. Der große Flächenraum des in Frage kommenden Gebietes, sowie die Verschiedenheit der an den einzelnen Baustellen herrschenden Verhältnisse machte die Verwendung verschiedener Materialien bei der Errichtung der benötigten Ingenieurbauten erforderlich. Von solchen Bauten sind zahlreiche zur Ausführung gekommen, die in ihrer Bauart und Größe sehr voneinander abweichen. So sind unter anderem große Staudämme, die teils als Erd- und teils als Mauerwerk- oder Betondämme ausgebildet sind, sowie kleinere Bauten der Bewässerungssysteme ausgeführt worden. Hierbei mag erwähnt werden, daß einer der

Digitized by Google

gemauerten Staudämme, der Shoshone-Damm, zu den höchsten seiner Art in der Welt gehört.

Was die Prüfung der Baustoffe für die verschiedenen Bauwerke anbelangt, so sind neben unbedeutenden auf den Baustellen ausgeführten Versuchen wichtige Prüfungen, namentlich von Zement und Zuschlagstoffen für Beton, in einem Laboratorium ausgeführt worden, das von dem Amt für diesen besonderen Zweck eingerichtet worden ist. Nach dem Organisationsplan des Amtes sollen die Kosten der ausgeführten Bewässerungsanlagen von den Ansiedlern gedeckt werden, die die Ländereien später in Besitz nehmen. Die Arbeiten in dem Laboratorium werden später nach einer Richtlinie ausgeführt, die es gestattet, die Ausführungskosten der Bauwerke auf ein mit guter Arbeit vereinbartes Mindestmaß zu beschränken. Die Prüfung der Materialien erfolgt daher seitens des Amtes notwendigerweise nach praktischen Gesichtspunkten. Die vorgenommenen Untersuchungen sind durchaus praktischer Art und unterscheiden sich somit von denen experimenteller Art, ausgenommen solcher, die auf die gerade vorliegenden Arbeiten Bezug haben.

In Verbindung mit der Verwendung von Baumaterialien durch das Amt verdient erwähnt zu werden, daß die Errichtung eines der großen gemauerten Dämme an einer von Eisenbahnen entfernten Stelle eine Zementfabrik errichtet wurde, in der die auf der Baustelle gewonnenen Rohstoffe zu Portland-Zement verarbeitet wurden. Für den fraglichen Bau wurden im ganzen 300.000 Faß Zement hergestellt.

Zementprüfungen. Mit Ausnahme des einen Falles, in dem der für das Bauwerk benötigte Zement in einer eigens zu dem Zweck erbauten Fabrik erzeugt wurde, wird der ganze Bedarf an Zement für den Geschäftsbereich des Amtes auf Grund öffentlicher Ausschreibungen vergeben. Als Lieferungsort gelten die Fabriken, von denen ab der Zement auf Kosten der Bundesregierung nach den einzelnen Baustellen befördert wird. Teils aus diesem Grunde und teils in Anbetracht der großen Entfernungen zwischen den Erzeugungs- und Verbrauchsorten werden die erforderlichen Abnahmeprüfungen ausgeführt, bevor das Material zum Versand gelangt. Die Frage der Abnahme oder Zurückweisung des Materiales wird mithin entschieden, ehe das Material die Fabrik verläßt, welches Verfahren mit dem Vorzug ver-

Digitized by Google

bunden ist, daß durch die Ablehnung der Sendung keine Verzögerungen herbeigeführt werden, die unausbleiblich sind, wenn die Zurückweisung der Ware erst nach Eintreffen auf der Verwendungsstelle erfolgt.

Nach diesem Verfahren werden die Proben den Silos auf den Werken entnommen, wobei die Art und Weise der Entnahme den in den verschiedenen Werken herrschenden Verhältnissen angepaßt wird. In jedem einzelnen Falle wird jedoch angestrebt, zuverlässige Durchschnittsproben des zu untersuchenden Materiales zu erzielen. Diese Proben werden dem Laboratorium zur Untersuchung übersandt und die Silos werden solange unter Siegel gehalten, bis die Frage der Abnahme oder Zurückweisung des Materiales entschieden ist.

Die dem Ankaufe von Zement zugrunde liegenden Bedingungen entsprechen in ihren wichtigsten Bestimmungen den Vorschriften des amerikanischen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik. Auch die vorgeschriebenen Prüfungsverfahren decken sich in der Hauptsache mit den entsprechenden Bestimmungen dieser Vorschriften. Auf diese Weise werden die Bestrebungen des genannten Verbandes, einheitliche Lieferungsbedingungen und Prüfungsverfahren für Zement im ganzen Lande einzuführen, wirksam unterstützt.[1])

Neben diesen laufenden Abnahmeprüfungen werden auf einen Zeitraum von einem Tage bis zu zehn Jahren sich erstreckende Dauerversuche ausgeführt, denen die verschiedenen im Geschäftsbereiche des Amtes zur Verwendung gelangenden Zemente unterworfen werden. Außer den in den Lieferungsbedingungen vorgeschriebenen chemischen Untersuchungen werden mit jeder zur Anlieferung gelangenden Zementmarke gelegentliche chemische Prüfungen angestellt, die lediglich Registrierzwecken dienen.

Diese Versuche und Prüfungen sind im vorliegenden Falle von besonderer Bedeutung, weil die meisten der angelieferten Zemente aus verhältnismäßig neuen Fabriken stammen, über deren Erzeugnisse noch keine solchen Aufzeichnungen vorliegen.

[1]) Da vor einem Jahre unternommene Schritte zur Vereinheitlichung der Lieferungsbedingungen für Portlandzement aller Abteilungen der Bundesregierung führten und diese denen des amerikanischen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik bis auf zwei Punkte fast übereinstimmend machten, soll angenommen werden, daß die Ausführungen vorstehenden Paragraphes sich auf die Sachlage im Meliorationsamte beziehen, wie sie vor Einleitung jener Schritte bestand.

Digitized by Google

Der Umfang des Arbeitsgebietes des Meliorationsamtes erhellt am deutlichsten aus der Tatsache, daß der Zementbedarf des Amtes von 20 verschiedenen Fabriken gedeckt wird, die in dem breiten Landstrich zwischen Chicago und der Pazifischen Küste belegen sind. In diesen Fabriken gelangt bei der Herstellung des Zementes sowohl das Trocken- wie Naßverfahren zur Anwendung. Als Feuerungsmaterial dienen natürliches Gas, Brennöl und Kohlenstaub, während als kalkhaltige Rohstoffe Kalkstein, Kreide und Mergel und als tonhaltige Ton, Schieferton, eine Ablagerung feldspatähnlichen Gesteines und granulierte Hochofenschlacke verarbeitet werden. In einigen Werken gelangt dagegen eine Mischung von unreinen Kalksteinen, die kalkartige und tonige Bestandteile in verschiedenen Mengenverhältnissen enthalten, zur Verarbeitung.

Es liegt nicht im Rahmen dieser Abhandlung, die relativen Vorzüge der verschiedenen Erzeugungsverfahren oder der einzelnen bei der Herstellung von Portland-Zement angewendeten Rohstoffe einer Besprechung zu unterziehen. Nach den Erfahrungen, die das Amt mit den verschiedenen Zementmarken, und zwar sowohl in Gestalt von Laboratoriumsversuchen als auch im praktischen Gebrauche gemacht hat, sei nur erwähnt, daß sich aus den angeführten Rohstoffen unter Anwendung der genannten Verfahren ein guter Zement herstellen läßt, vorausgesetzt, daß bei der Erzeugung genügende Sorgfalt auf die Einzelheiten der Fabrikation aufgewendet wird. Erwähnenswert ist noch, daß die Ergebnisse der laufenden Abnahmeprüfungen der verschiedenen Zemente, wie nicht anders erwartet werden kann, auch dann voneinander abweichen, wenn die Zemente den Bedingungen genügen, daß sich aber die Prüfungswerte mit zunehmendem Alter der Proben einander immer mehr nähern.

Die bei den vorerwähnten, sich über einen längeren Zeitraum erstreckenden Versuchen erzielten Ergebnisse bestätigen die an Hand ähnlicher Prüfungen in anderen Laboratorien gemachten Beobachtungen, daß Probekörper aus Portland-Zement, der aus modernen Drehrohröfen stammt, mit zunehmendem Alter dazu neigt, spröde zu werden. Die Zugfestigkeit solcher Zemente nimmt mit der Zeit etwas ab, eine Erscheinung, die bei Proben aus reinem Zement deutlicher hervortritt als bei Mörtelproben.

Obgleich wünschenswert, sind bisher keine Druckfestigkeitsversuche in ähnlicher Richtung vorgenommen worden. Die Annahme erscheint jedoch nicht gerechtfertigt, daß eine Beeinflussung auch der

Digitized by Google

Druckfestigkeit in der geschilderten Weise stattfindet oder daß die wirkliche Festigkeit der Bauten, in denen das Material verwendet ist, beeinträchtigt wird, allerdings in der Voraussetzung, daß der Festigkeitsrückgang kein außergewöhnlich großer ist.

Prüfung der Zuschlagstoffe für Beton. Der Umstand, daß die unter Leitung des Amtes ausgeführten Bauten in verschiedenen Gegenden eines sehr ausgedehnten Gebietes liegen, hat bei der Errichtung von Bauwerken in Bruchstein- oder Betonmauerwerk die Verwendung von Baumaterialien verschiedener Arten erforderlich gemacht. Dies trifft namentlich bei Bauten aus Beton zu, welchem Material im allgemeinen der Vorzug vor Steinmaterial gegeben worden ist.

Unter solchen Verhältnissen entsteht nun häufig die Frage, ob die an der Errichtungsstelle eines bestimmten Bauwerkes verfügbaren Baumaterialien für den betreffenden Zweck geeignet sind, oder ob es sich empfiehlt, ungeachtet der Kosten der Zufuhr, geeignetere Materialien aus größeren Entfernungen herbeizuschaffen. Manchmal wird es nicht zu umgehen sein, Erkundigungen über Beschaffenheit und Vorzüge der verschiedenen, an einer bestimmten Stelle verfügbaren Materialien einzuziehen. Werden solche Fragen aufgeworfen, dann werden Laboratoriumversuche ausgeführt, bei denen meist die in Frage kommenden Sandarten und weniger häufig die groberen Zuschlagstoffe untersucht werden.

Die üblichen Prüfungen von Sand erstrecken sich auf die Ermittlung der mechanischen Zusammensetzung des spezifischen Gewichtes, des Gehaltes an Hohlräumen, der Druck- und Zugfestigkeit, und falls erforderlich, auch auf chemische Analysen. In Fällen, in denen die Frage der Wasserdurchlässigkeit von Mörteln aus verschiedenen Sandarten aufgeworfen wird, werden auch Prüfungen auf Wasserdichtigkeit, bzw. Widerstand gegen Wasserdruck ausgeführt.

Bei einigen Bauausführungen, so unter anderen bei der Herstellung von zwei großen gemauerten Staudämmen, war kein natürlicher Sand verfügbar, so daß man gezwungen war, das erforderliche Sandmaterial durch Brechen und Mahlen des an den Baustellen gewonnenen Gesteins zu gewinnen.

Bei dem einen dieser Staudämme bestand das Rohmaterial aus Granit, während bei dem anderen dolomitischer Kalkstein verarbeitet wurde. Laboratoriumsversuche, einschließlich langfristiger

Digitized by Google

Zugfestigkeitsprüfungen mit Proben aus verschiedenen Sanden haben, wenn diese aus harten, dauerhaften Gesteinsarten gewonnen waren, deren Überlegenheit gegenüber den natürlichen Sanden durchschnittlicher Güte erwiesen. Um die Richtigkeit des Gesagten, soweit die Zugfestigkeit in Frage kommt, zu veranschaulichen, mag erwähnt werden, daß die durchschnittliche Zugfestigkeit von Mörteln im Mischungsverhältnisse 1 : 3, ermittelt an 5 Jahre alten Proben, sich zu annähernd 35, 42, 56 und 63 kg/qcm ergeben hat, und zwar für (1) natürlichen Quarzsand guter durchschnittlicher Beschaffenheit, (2) Granit, (3) harten Kalkstein und (4) Basalt, welch letzterer ein dichtes, hartes, schwarzes Gestein von 2·8 bis 3·0 spezifischem Gewicht ist.

Einige Vorzüge der Anwendung von Sand, der nach vorbeschriebenem Verfahren hergestellt ist, seien folgend aufgeführt. Das Verfahren liefert reinen Sand aus harten, dauerhaften Körnern, deren Zerkleinerung bis zu einem gewissen Grade geregelt werden kann, um Material zu erzielen, dessen Körnung den Bedürfnissen der Praxis genügt. Bei natürlichen Sandarten ist es häufig schwer, Material zu erhalten, in dem die Korngrößen in gewünschtem Mengenverhältnis zueinander vertreten sind, ein Umstand aber, der für die Beurteilung der Brauchbarkeit der verschiedenen Sandarten, seien sie natürlichen oder künstlichen Ursprungs, von großer Bedeutung ist. Bei dem Vergleich der Vorzüge verschiedener Sandarten wird eine Sandart, in der alle Korngrößen in einem bestimmten Verhältnisse vorhanden sind, häufig als die brauchbarste bezeichnet. Nach Ansicht des Verfassers würde es sich jedoch empfehlen, größeren Wert auf die Korngröße des Sandes zu legen; denn nach seinen Erfahrungen liefert der Sand, in dem bei Vorhandensein aller Korngrößen die gröberen Körnungen vorherrschen, einen in bezug auf Festigkeit und Wasserdichtigkeit am meisten befriedigenden Mörtel.

Die Wichtigkeit der Prüfung der Zuschlagstoffe für Beton, sowie des Zementes zu dem Zwecke, für die Bereitung von Beton möglichst geeignete Materialien zu erhalten, wird jetzt in höherem Maße als früher anerkannt. Auf diese Tatsache müßte von den interessierten Fachkreisen größeres Gewicht gelegt werden, ebenso wie erkannt werden müßte, daß sich mit Hilfe eines guten Zementes allein kein brauchbarer Beton herstellen läßt, wenn die Beschaffenheit der übrigen Materialien nicht genügend berück-

Digitized by Google

sichtigt wird. Als eines der Mittel, die zur Förderung der Verwendung von besseren Materialien zur Bereitung von Beton dienen, dürfte wohl das vorgeschlagene Verfahren der Herstellung künstlicher Sande wert erscheinen, in solchen Fällen angewendet zu werden, in denen natürliche Sande geeigneter Körnung nicht verfügbar sind.

Untersuchung und Verwendung von Sandzement. Einige der größten Bauwerke im Verwaltungsbereiche des Amtes, so unter anderem die gemauerten Talsperren, liegen in fernen, nur schwer erreichbaren Gegenden, so daß die Beförderung der zu diesen Bauten benötigten großen Mengen an Portland-Zement sehr erhebliche Kosten verursachen würde. Aus diesem Grunde hat das Amt der Frage der Verwendung der sogenannten Sandzemente große Aufmerksamkeit gewidmet, zu deren Bereitung Portland-Zement mit an der betreffenden Baustelle vorkommenden unwirksamen Materialien (zum Beispiel Gestein oder Sand) in einem bestimmten Mischungsverhältnis zermahlen wird, und zwar noch feiner als der ursprüngliche Zement.

Mit dieser Art Zemente sind umfangreiche, sowohl auf kurze wie längere Zeiträume sich erstreckende Versuche ausgeführt worden. Das Alter der untersuchten Proben betrug bis zu fünf Jahren. Die Versuche wurden mit Mischungen aus Portland-Zement und verschiedenen Materialien, so unter anderem Sand und Schlamm (silt) verschiedener Art, Granit, Basalt, Sandstein und Tuffstein (tufa) angestellt. Die Versuchsergebnisse der fünfjährigen Proben lassen sich mit denen der gleichalterigen Portland-Zementproben vergleichen; sie weisen einen geringeren Rückgang in der Zugfestigkeit auf als diese Proben, was, wie bereits erwähnt, ein charakteristisches Merkmal der Prüfung alter Portland-Zementproben ist. Im allgemeinen geht aus den Ergebnissen der sowohl über einen längeren wie einen kürzeren Zeitraum sich erstreckenden Versuche hervor, daß sich nach dem angegebenen Verfahren ein guter Zement erzielen läßt, dessen Festigkeit von der des zu seiner Bereitung verwendeten reinen Zementes nur wenig abweicht. Der Zusatz an feingemahlenem Steinmaterial wird dabei, je nach dem beim Mahlen erzielten Feinheitsgrade, auf 30 bis 50 v. H. bemessen.

Von den zu diesen Versuchen verwendeten Materialien verdienen die puzzolanähnlichen Materialen, z. B. Tufa (Tuffstein), besonderes Interesse. Die in solchen Gesteinen enthaltene Kiesel-

Digitized by Google

säure ist zum Teil löslich, so daß sie sich mit dem im Portland-Zement, mit dem die Stoffe vermahlen werden, enthaltenen freien, bzw. bei der Erhärtung frei werdenden Kalk zu verbinden vermag. Daß solche Materialien zur Bereitung von Zement der in Rede stehenden Art mit Erfolg verwendet werden können, ist durch die guten Erfahrungen, die bei ihrer Anwendung zu den Bauten für die neuen Wasserversorgungsanlagen der Stadt Los Angelos in Kalifornien gemacht worden sind, zur Genüge erwiesen worden. Möglicherweise können die puzzolanähnlichen Stoffe auch bei der Lösung der Alkalifrage, auf die weiter unten zurückgekommen werden soll, wertvolle Dienste leisten. Das spezifische Gewicht der fraglichen Stoffe ist allerdings niedriger als das der meisten anderen Materialien, wie z. B. von Quarzsand, Granit u. dgl., die zur Bereitung von Zement in Rede stehender Art verfügbar sind. Nach Ansicht des Verfassers ist noch nicht einwandfrei der Beweis erbracht worden, daß die puzzolanartigen Materialien den Vorzug vor den letztgenannten Gesteinsarten verdienen, wenn beide Materialien verfügbar sind; denn erstere dürften wegen ihres leichteren Gewichtes einen Zement geringerer Festigkeit ergeben als diese schwereren und härteren Materialien.

Vorstehend angeführte Untersuchungen gaben dem Amte Veranlassung, die Verwendung von Zementen der beschriebenen Art zur Errichtung von zwei großen gemauerten Staudämmen sowie an den massiven Bauwerken in Verbindung mit dem Bau eines Erddammes zuzulassen. Auf den Baustellen sollen Mahleinrichtungen zur Bereitung des Sandzementes errichtet werden, in denen der von den Fabriken bezogene Portland-Zement und die in der Nähe der Baustellen gewonnenen Gesteine verarbeitet werden.

Was die allgemeine Verwendung von Zementen genannter Art betrifft, so ist offenbar, daß ihre Anwendung für kleinere nicht zusammenhängende Bauten nicht in Frage kommt, weil die Anlage- und Betriebskosten der benötigten Mahlmaschinen in keinem Verhältnisse zum erzielten Nutzen stehen Für einen Einzelbau jedoch, der in großer Entfernung von Portland-Zementfabriken liegt, und zu dessen Erbauung größere Mengen an Zement benötigt werden, erscheint die Verwendung von Sandzementen durchaus angebracht und vom wirtschaftlichen Standpunkte aus erstrebenswert, allerdings in der Voraussetzung, daß auf die Wahl der Rohmaterialien und auf die Herstellungsverfahren hinreichende Sorgfalt aufgewendet wird.

Digitized by Google

Zerstörung von Beton durch die Einwirkung von Alkalien.

Sowohl die Ingenieure des Meliorationsamtes wie andere in den öden oder trockenen Sandstrichen der westlichen Staaten ansässige Techniker stehen der Frage der Zerstörung von Beton gegenüber, die unter bestimmten Bedingungen und in gewissen Landstrichen infolge der Einwirkung von Alkalien eintritt.

Die in Rede stehenden trockenen Ländereien weisen zahlreiche Alkaliablagerungen auf, so daß an vielen Stellen das Grundwasser einen hohen Gehalt an solchen Salzen in Lösung aufweist. Durch den allgemeinen Ausdruck „Alkalien" wird eine Anzahl von Stoffen bezeichnet, von denen die Natrium- und Kaliumsalze die verbreitetsten sind; indessen sind auch Kalium- und Magnesiumsalze[1]) in dem allgemeinen Ausdruck eingeschlossen. Da Zement und Beton erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit in jenen Gegenden zur Anwendung kommen, ist der Einfluß, den dieses alkalihaltige Wasser auf Bauwerke aus Beton, mit denen es in Berührung kommt, ausüben könnte, bis vor kurzem nur Gegenstand von Vermutungen gewesen, soweit er überhaupt in Betracht gezogen worden ist.

Analysen von zerstörend wirkenden alkalihaltigen Gewässern.

Bestandteil	Teile in 1:1,000.000					
	1	2	3	4	5	6
Schwefelsaure Tonerde . .	630	—	—	—	—	—
Kohlensaurer Kalk . . .	1.700	226	—	—	—	—
Calciumchlorid	—	178	—	—	—	—
Schwefelsaurer Kalk . . .	—	1161	1831	1.482	1.676	1690
Magnesiumkarbonat . . .	3.460	12	127	—	—	305
Magnesiumchlorid	—	—	—	—	—	192
Schwefelsaures Magnesium	12.000	878	984	4.107	7.995	6870
Calciumchlorid	Spur	—	—	—	—	—
Schwefelsaures Kalium . .	Spur	98	—	—	—	20
Kohlensaures Kalium . .	4.690	—	—	293	364	—
Natriumchlorid	1.080	88	82	100	4.149	—
Schwefelsaures Natrium .	3.370	5221	5646	7.150	25.306	—
Summa . .	26.930	7862	8670	13.132	39.490	9077

[1]) Chemisch heißen Calcium- und Magnesiumsalze nicht Alkalien. Anm. des Übersetzers.

Digitized by Google

Forschungen auf diesem Gebiete, und zwar in Gestalt von Analysen von Proben der Alkaliablagerungen und des Grundwassers an Stellen, wo Auflösungen vorgekommen sind, haben den Beweis erbracht, daß die Sulfate, und zwar namentlich schwefelsaure Magnesia und schwefelsaures Natrium sowohl einzeln als auch gemeinschaftlich am meisten zu den Zersetzungen beitragen. Vorstehende Tabelle enthält die Analysen von Wasserproben, die von Stellen stammen, an denen auf diese Ursache zurückzuführende Zerstörungen von Beton beobachtet worden sind.

Die Frage der Einwirkung alkalischer Flüssigkeiten auf Beton und der Verhinderung des schädlichen Einflusses derselben auf Ingenieurbauten wird vom Verfasser lediglich vom Standpunkte des ausführenden Ingenieurs aus behandelt, ohne auf die in Frage kommenden chemischen Vorgänge einzugehen. In dieser Beziehung mag nur erwähnt werden, daß der bei der Zersetzung des Zementes, bzw. Betons eintretende chemische Vorgang bis zu einem gewissen Grade mit der schädlichen Wirkung verwandt zu sein scheint, die Seewasser auf Beton ausübt und die auf dem Gehalt des Seewassers an schwefelsaurer Magnesia beruht. Letztere Frage, die Einwirkung von Seewasser auf Beton, beschäftigt bereits seit Jahren die europäische Fachwelt, und sind deren Untersuchungen von großem Interesse für den Verfasser beim Studium der Alkalifrage gewesen.

In Verbindung mit dieser Frage mag erwähnt werden, daß die von dem Amt ausgeführten Bauwerke unter Schäden der in Rede stehenden Art bisher in nennenswertem Umfange nicht zu leiden gehabt haben, so daß größere finanzielle Verluste nicht entstanden sind. Größere Bauwerke sind überhaupt noch nicht in Mitleidenschaft gezogen worden. Die Sachlage ist jedoch genügend ernst, um eingehende Untersuchungen zwecks Ermittlung eines Schutzmittels gegen die schädlich wirkenden Wässer zu rechtfertigen.

Die günstigsten Bedingungen für den Angriff der alkalihaltigen Wässer scheinen dort vorzuliegen, wo der Beton kleinerer Bauwerke, so von Durchlässen u. dgl., der Einwirkung von Sickerwasser aus der Bodenhinterfüllung oder von Wasser ausgesetzt ist, das die schädlichen Salze in übergroßen Mengen gelöst enthält, ein Fall, der namentlich dann eintrifft, wenn die Strömung in dem von den Bauwerken überbrückten Wasserlaufe langsam und träge ist. Besonders begünstigt wird die zerstörende Wirkung der

Digitized by Google

salzhaltigen Flüssigkeiten durch das Steigen und Fallen des Wasserspiegels in den Wasserläufen, wodurch das Betonmauerwerk abwechselnd der Einwirkung des Wassers und der Luft ausgesetzt wird. Kaum erforderlich erscheint der Hinweis, daß der Umfang der zerstörenden Wirkung in hohem Grade von der Beschaffenheit des Betons abhängig ist. Ein dichter, sachgemäß bereiteter Beton ist natürlich wasserdichter und daher weniger leicht angreifbar als Beton weniger dichter, poröser Beschaffenheit.

Wenn auf die Baupraxis, wie sie von dem Meliorationsamte, ausgeübt wird, hingewiesen werden darf, so mag in dieser Beziehung erwähnt werden, daß Verfasser bei Besichtigung von Bauten auf alkalireichen Terrains einen großen Unterschied zwischen den einzelnen Bauten feststellen konnte. So befand sich die Betonbekleidung eines Tunnels, der einen Teil einer unter Leitung des Amtes ausgeführten größeren Anlage bildet, in vorzüglichem Zustande, während ähnliche Bekleidungen bei Privatbauten in der näheren Umgebung unter der Einwirkung der alkalihaltigen Flüssigkeiten stark angegriffen waren, was wohl lediglich auf mangelhafte Beschaffenheit des Betons zurückzuführen ist. Wahrscheinlich dürften auch die Beschaffenheit der Zuschlagstoffe und die Art der Bereitung des Betons das Verhalten des Materiales beeinflußt haben. Die Untersuchung der für genannten Zweck verfügbaren Materialien gewinnt daher, wie bereits erwähnt, eine hohe Bedeutung, wenn es sich um Bauten handelt, die dem Einflusse alkalihaltiger Wässer ausgesetzt sind. Was die Mittel zum Schutze gegen den Angriff solcher Wässer betrifft, so scheint nach den vorliegenden Erfahrungen das beste und sicherste Abwehrmittel die Anwendung eines dichten und undurchlässigen Betons zu sein, durch den das Eindringen der alkalihaltigen Wässer in den Beton verhindert wird. Ob sich dieses Ziel durch Verwendung einer besonders bereiteten zementreichen und dichten Mischung ohne jedwede andere Bearbeitung oder Behandlung wird erreichen lassen, oder ob das Behandeln des Betons mit wasserabweisenden, bzw. wasserdichtmachenden Stoffen die besten Ergebnisse liefert, ist eine Frage, die zurzeit der Prüfung unterliegt. Forschungsarbeiten nach dieser Richtung sind in weiterem Umfange im Laboratorium unternommen worden, jedoch ohne bis jetzt irgend welche sichere Ergebnisse zu liefern. Zurzeit wird beabsichtigt, eine Reihe praktischer Versuche auszuführen, um unter wirklichen Gebrauchs-

Digitized by Google

verhältnissen die verschiedenen in Vorschlag gebrachten Schutzmittel zu prüfen. Bei diesen Versuchen sollen auch Zemente verwendet werden, die durch Vermahlen von Portland-Zement mit puzzolanähnlichen Stoffen, z. B. Tuffstein, wie bereits in Verbindung mit Sandzement erwähnt, erzeugt sind. Den Ergebnissen dieser Versuche wird mit großem Interesse entgegengesehen, weil die Verwendung solcher Zemente von einigen hervorragenden europäischen Fachmännern zur Bereitung von Beton für Seebauten empfohlen worden ist, und die Verhältnisse in Gebieten, die von alkalihaltigen Gewässern durchzogen werden, ähnlich liegen.

Schluß.

Wie eingangs erwähnt, ist das Meliorationsamt eine Abteilung des Ministeriums des Innern der amerikanischen Bundesregierung, das dem Hon. Walter L. Fischer als Sekretär untersteht. F. H. Newell, M. Am. Soc. C. E., ist der Direktor des Meliorationsamtes, unter dessen Mitwirkung diese Abhandlung verfaßt worden ist. A. P. Davis, M. Am. Soc. C. E., ist Oberingenieur des Amtes, während der Verfasser als Sachverständiger für Zement in dem oben genannten Laboratorium unter den vorerwähnten Beamten tätig ist.

Digitized by Google

Section B.

Ehrenpräsidenten:

H. Prof. Fr. Schüle, H. Prof. M. Gary,
H. Alexander Foß.

Präsident: H. R. W. Lesley.
Vize-Präsidenten: HH. G. F. Swain, E. Orton, Jr.

Ehrenschriftführer:

H. R. Frey, H. Dr. R. Hering,
H. R. Feret, H. Dr. E. Probst.

Schriftführer: Die Herren Percy H. Wilson, Leon S. Moisseiff.

Dienstag nachmittag, den 3. September 1912.

Der Präsident eröffnet die Sitzung um 2 Uhr und läßt durch den Sekretär Wilson die Geschäftsordnung der Sektionen verlesen, die im Kongreßprogramm veröffentlicht war. Auf der Tagesordnung stehen die Berichte über feinstes Mehl im Portlandzement. Es liegen vier Berichte über diesen Gegenstand vor, und der Präsident empfiehlt, diese Berichte zunächst vorzulegen und hierauf über sie gemeinsam die Diskussion abzuführen. Er fragt, ob die anwesenden Autoren einen Widerspruch erheben; dies ist nicht der Fall.

Als erster Bericht liegt vor: „Bestimmung des feinsten Mehles im Portlandzement" (XV_3) von Mayntz Petersen.

(Vergleichende Versuche mit Windsichtung und mittels Sieben bei verschiedenen Zementen zeigten, daß Siebe mit 5000 Maschen auf einen Quadratzentimeter sich für die laufende Beurteilung der Druckfestigkeit des Zementes ebensogut verwenden lassen wie die Windsichtung. Für genauere Untersuchungen dagegen empfiehlt sich Luftschlämmen mit einem Trichter, wodurch die Unsicherheiten, die die Unregelmäßigkeit des Siebtuches mit sich führt, vermieden werden und der Rückstand erheblich größer ausfällt, der Mahlungsgrad sich daher mit größerer Sicherheit beurteilen läßt. Versuche zur Bestimmung des Einflusses der Feinmahlung auf die Menge der verschiedenen Körnergrößen

Digitized by Google

zeigen, daß die Menge mittelgroßer Körner gleichbleibt, während die Menge feiner Körner größer, die der groben Körner kleiner wird. Die für die Normalkonsistenz nötige Wassermenge steigt mit der Mahlfeinheit und das Abbinden wird beschleunigt. Die Zugfestigkeit nimmt mit dem Grade der Feinmahlung wenn auch unregelmäßig zu, die Druckfestigkeit aber steigt regelmäßig.)

In Abwesenheit des Autors legt Herr Sekretär Wilson den Bericht vor.

„Aufsuchung eines Verfahrens zur Bestimmung des feinsten Mehles in Portlandzement (XV_1) von Professor M. Gary.

(Der Bericht gibt einen kurzen Überblick über die Arbeiten der Herren Mayntz-Petersen, Feret und Schüle, Berichte, die der zum Studium dieser Frage eingesetzten Kommission 30 vorgelegt waren.)

H. Prof. M. Gary legt den Bericht vor und bemerkt hierzu: Gestatten Sie mir, als Vorsitzender der Kommission 30 darauf hinzuweisen, wie sich die Bestrebungen zur Festsetzung des feinsten Mehles im Zement entwickelt haben und welchen Standpunkt man augenblicklich in dieser Angelegenheit einnimmt. Ursprünglich nahm man an, daß praktisch nur das feinste Mehl im Portlandzement chemisch wirksam sein könne. Allein die Versuche, dieses feinste Mehl abzuscheiden, fanden wenig Unterstützung und ich blieb lange allein auf dem Wege der Ausscheidung mittels Windsichtung. Diese Arbeiten wurden der Kommission zugänglich gemacht, aber ihre Ergebnisse waren sehr verschiedenartig, so daß einige Herren, unter anderen auch Herr Petersen, beschlossen, sich mit der Frage gründlicher zu befassen. Herr Petersen hat gleichfalls Versuche mit Windsichtung angestellt, er gewinnt zwei, ich gewinne vier Fraktionen. Bei der Trennung in zwei Fraktionen gehen die Ergebnisse mit dem 5000 Maschensiebe nahezu parallel. Herr Prof. Schüle hat durch Versuche festgestellt und in seinem Berichte niedergelegt, wie sich die einzelnen Fraktionen chemisch unterscheiden.

In den letzten Jahren haben sich noch eine Reihe von Herren zu der Kommissionsarbeit gemeldet, und ich hatte vor, am gestrigen Tage mit ihnen gemeinsam weitere Schritte zu besprechen. Leider ist dies wegen verspäteter Ankunft meines Dampfers unmöglich geworden. Auch sind neue Vorschläge von Herrn Spackman und anderen aufgetaucht. Es sind indessen noch Zweifel vorhanden, ob sich diese Verfahren bewähren. Ich hoffe, daß sich die Kommission mit ihnen beschäftigen und daß es vielleicht gelingen wird, Klarheit über die Wirkung des feinsten Mehles zu erhalten, was ich für äußerst wün-

Digitized by Google

schenswert halte. Auffallenderweise sind die Industrie und besonders die Verbraucher der Frage bisher sehr kühl gegenübergestanden; man könnte daher eigentlich annehmen, daß ein praktisches Bedürfnis zu weiteren Versuchen nicht vorliegt. Die Kommission muß demnach in Erwägung ziehen, ob es sich in der Tat verlohnt, weitere Feststellungen zu machen, wieviel von dem Mehl chemisch wirkt, und wieviel nur als Sand, also als Ballast, in Betracht kommt.

Es gelangt zur Verhandlung der Bericht: „Untersuchung der Windsichtung als Mittel zur quantitativen Bestimmung der feinsten in pulverartigen Substanzen enthaltenen Partikel" (XV_2) von R. Feret.

(Der Autor stellt zuerst durch Versuche die Beziehungen fest, welche in irgendeinem auf der Verwendung eines Luftstromes beruhenden Apparat notwendigerweise bestehen zwischen den in gewissen Punkten herrschenden Gasdrücken, den von den verschiedenen Organen des Apparates dem Stromdurchgang dargebotenen Widerständen und der Ausflußmenge oder der Luftgeschwindigkeit.

Dann beweist er, daß die äußerste Stärke der mitgeführten oder nichtmitgeführten Körner allein von dem atmosphärischen Druck und der Stromgeschwindigkeit abhängt und zeigt, wie diese letztere durch den Luftdruck unmittelbar am Ausflusse des Abscheiderohres, worin die Trennung der Körner stattfindet, reguliert werden kann.

Er untersucht schließlich die Arbeitsweise der verschiedenen Apparatteile und erörtert, indem er sich auf persönliche Erfahrungen stützt, die Bedingungen, denen diese genügen müssen.)

Herr R. Feret legt seinen Bericht vor und sagt:

Die Arbeit, welche ich vorgelegt habe, bezweckt, die Verhältniszahlen der feinsten Körner zu bestimmen, welche im Mehl vorkommen und die Arbeit mit dem Sieb zu ersetzen, welche besonders dann, wenn es sich darum handelt, außerordentlich feine Teilchen zu trennen, sehr unsichere Resultate gibt. Die Siebe sind nicht immer regelmäßig, sie können je nach der Erzeugungsquelle selbst bei gleicher Feinheitsnummer große Unterschiede aufweisen, so daß man niemals sicher ist, die richtigen Resultate zu erhalten. Eine weitere Schwierigkeit bei den Versuchen mit Sieben, welche die Versuchsergebnisse beeinflussen, ist die Art, in der man arbeitet. Ich glaube — und ich stehe darin nicht allein, da ja eine Kommission vom Verband ernannt wurde, diese Frage zu studieren — daß man ohne Zweifel mit der Windsichtung genauere Resultate erzielen würde. Meine Versuche haben den Zweck, eine Methode ausfindig zu machen, welche es gestattet, solche genaue Resultate zu erhalten. Ich glaube, daß es nicht genügt, einen Apparat

Digitized by Google

anzugeben, welcher den Staub in mehrere Kategorien trennt und zu sagen, daß man sich an denselben Fabrikanten wenden muß, um gleichartige vergleichsfähige Ergebnisse zu erhalten. Kleine Unterschiede in der Herstellungsart der Apparate können die Versuchsresultate beeinflussen. Es ist übrigens auch unumgänglich notwendig, daß man die Dimensionen des Kornes, das durch die Sichtung erhalten wird, kennt, und deshalb muß man das Gesetz kennen, nach welchem die Wegführung der einen und die Ablagerung der anderen Teile vor sich geht. Die Untersuchungen, welche ich gemacht habe, haben gezeigt, daß das Ergebnis einzig und allein von der Geschwindigkeit des Luftstromes im Apparat abhängig ist. Weiters ist es notwendig, daß die Geschwindigkeit aller Luftteilchen dieselbe ist und daß man andernteils diese Geschwindigkeit messen kann. Es würde hier zu weit führen, auf alle Erfahrungseinzelheiten einzugehen, über welche ich in meiner Vorlage berichtet habe. Sie führen zu gewissen Formeln, welche erkennen lassen, daß die Geschwindigkeit des Luftstromes in einem geeignet konstruierten Apparat, welcher die maximalen Abmessungen des gesichteten Kornes bestimmt, durch den Luftdruck an der Austrittsstelle des Appatares geregelt werden kann.

Ich führe auch die Bedingungen an, denen die verschiedenen Teile des Apparates genügen müssen, um den angestrebten Zweck zu erreichen.

Das Problem kann noch nicht als vollständig abgeschlossen betrachtet werden, und es gibt noch genug heikle Punkte, welche gelöst werden müssen. Z. B. ist es sehr schwierig hintanzuhalten, daß sich etwas Staub an den Seitenwänden des Apparates festsetzt; dies ist zwar eine Schwierigkeit, der man ohne Zweifel in kürzester Zeit Herr werden kann. Ein anderer wichtiger Punkt ist der, genau die Dimensionen zu kennen, welche man dem Rohr geben soll, in dem die Scheidung vor sich geht. Erst nach neuen Versuchen wird man diese Einzelheiten klären können.

Auf jeden Fall glaube ich hiermit einen allgemein gültigen Grundsatz für die Bedingungen aufgestellt zu haben, welche eine Vorrichtung dieser Art erfüllen muß und man wird weitere tiefergehende Studien daran anschließen können.

„Die Bedeutung des feinsten Mehles im Portlandzement" (XV_4) von F. Schüle und H. Gottrau.

(Die Versuche wurden mit dem Gary-Lindner-Apparat gemacht, und es war möglich, durch eingehende Arbeit den Zement nach verschiedenen Fraktionen

Digitized by Google

zu trennen. Diese Fraktionen wurden analysiert und als Mörtel mit Normalsand 1 : 3 mittels der Prismenmethode bezüglich ihrer Festigkeit nach 7 Tagen und 28 Tagen geprüft. Der auf dem 4900 Maschensieb verbleibende Teil erwies sich im ganzen nur als Ballast, zeigte also die schlechtesten Festigkeits-Verhältnisse. Die feinste Fraktion hat nicht die höchste Festigkeit, weil bei der Windsichtung nicht nur die feinsten, sondern auch die wenigst dichten Teilchen ausgeschieden werden, weshalb man ein feinstes Mehl erhält, das mehr Gips enthält, als der Zement im Mittel aufweist.)

H. Prof. F. Schüle gibt eine kurze Zusammenfassung seines Berichtes und bemerkt anschließend: Ich habe nicht den Eindruck gewonnen, daß derartige Versuche in der gewöhnlichen Praxis notwendig sind, aber es wäre doch nützlich, sie zu verfolgen; es wäre zu diesem Zwecke von Wert eine Methode an der Hand zu haben, welche größere Quantitäten von Zement verschiedenen Feinheitsgrades zur Verfügung stellt.

Präsident Lesley: Die vier Berichte, welche wohl die Anschauungen der ganzen Welt über diese für die Zementindustrie so wichtigen Punkte zusammenfassen, liegen vor ihnen. Die Diskussionszeit ist für jeden Redner leider nur auf drei Minuten beschränkt, aber es ist zu hoffen, daß jeder sein Urteil bereits zusammengefaßt hat, so daß er imstande ist, seine Meinung kurz vorzubringen. Da keine schriftlichen Diskussionsbeiträge vorliegen, lade ich die Herren ein, sich zum Worte zu melden.

Da sich niemand meldet, ersucht der Präsident jene Herren, die später etwas über diese Frage zu sagen haben, dies dann dem Sekretär bekanntzugeben.

Der Präsident geht über zum Berichte: „Das Anwachsen der Festigkeit von Zementmörtel ($XIII_3$) von E. Candlot."

(Die Liefervorschriften, welche eine fortschreitende Zunahme der Festigkeit des Zementes fordern, führen zur Erzeugung von Zementen mit geringer Anfangsfestigkeit, was nicht empfehlenswert ist. Der Verfasser beantragt daher, aus den Lieferbedingungen die Bestimmungen zu entfernen, die eine Vergrößerung der Festigkeit zwischen dem 7. und 28. Tag verlangen.)

Sekretär Wilson verliest den Auszug aus dem Berichte des Herrn Candlot.

Präsident Lesley: Es liegt ein schriftlicher Beitrag von Herrn W C. Hanna vor. Herr Hanna ersucht, seinen Bericht vorlesen zu lassen.

Präsident Lesley legt den Bericht selbst vor, indem er dessen Inhalt in kurzem Auszug wiedergibt und die im nachfolgenden ange-

Digitized by Google

gebenen Ursachen für eine Abnahme der Zugfestigkeit zusammenfaßt: Unterschiede im Wasserzusatz, in der Mahlfeinheit, im Alter, in der Herstellung der Probekörper und des persönlichen Faktors, Einfluß des Bröckligwerdens im Alter. Er empfiehlt die Arbeit des H. Hanna, die den Antrag Candlots unterstützt, allen, die mit Zement zu tun haben, zur eingehenden Beachtung.

Der schriftliche Beitrag des Herrn W. C. Hanna lautet: „Die Zunahme der Festigkeit von Zementmörtel".

Das Thema über die fortschreitende Zunahme der Festigkeit von Zementen hat meine Aufmerksamkeit im hohen Grade erregt. Meine Versuchsergebnisse sind derart, daß ich mit Herrn Candlot in dem Wunsche übereinstimme, diejenigen Punkte, welche eine Zunahme an Festigkeit des reinen Zementes zwischen dem 7. und 28. Tage verlangen, aus den Vorschriften weggelassen zu sehen.

Die Abnahme an Zugfestigkeit, besonders bei reinem Zement, haftet wohl unseren besten Zementen an. Meine Versuche haben mehrere Gründe für die Abnahme der Zugfestigkeit reiner Zemente ergeben, und zwar:

1. Die Verschiedenheit des Wasserzusatzes beim Anmachen der Versuchskörper. Tabelle 1 zeigt Versuche an denselben Proben durch dieselben Versuchsausführenden an gleichen Zementarten. Ein Versuch zeigt eine Zunahme an Festigkeit in allen Perioden, während ein anderer wieder eine Abnahme zwischen einer 7 und 28tägigen Periode aufweist. Probekörper 6 Stunden der Kochprobe unterworfen.

Tabelle 1.

Feinheit.

100% durch ein Sieb Nr. 50
97·3% „ „ „ „ 100
80·2% „ „ „ „ 200

Zugfestigkeit für den Quadratzentimeter.

Wasserzusatz	1 Tag	7 Tage	28 Tage	3 Mon.	6 Mon.	1 Jahr	2 Jahre
23%	22·18	52·21	51·65	49·77	50·50	50·28	50·76
20%	28·98	57·42	58·30		50·93	52·37	51·49
17%	18·51	31·45	33·97	39·74	44·96	47·76	49·09

Tabelle 1: Mittel aus sechs Proben.

Digitized by Google

2. Fein gemahlener Zement zeigt oft größere Abnahmen oder mindestens kleinere Prozentsätze in der Zunahme als derselbe Zement, bevor er auf dieselbe Feinheit gebracht wird. Tabelle 2 illustriert diesen Punkt, Serie 1 zeigt die folgenden Zu- oder Abnahmen zwischen sieben Tagen und zwei Jahren.

Tabelle 2. (Siehe auch S. 8.)

A	rein	Zunahme	26·7%	Mit Sand	Zunahme	80·7%
B	„	„	4·7%	„	„	79 4%
C	„	Abnahme	0·5%	„	„	34·6%
D	„	„	6·0%	„	„	20·6%

Feinheit des Mehles.

Sieb Nr.	50	80	100	200
Serie 1 A	96	84·0	74·6	53·8
B	99·4	97·6	92·4	70·6
C	100	99·7	98·0	79·2
D	100	99·7	99·5	98·7
Serie 2 A	89·8	78·1	72·7	56·6
B	98·0	90·8	85·1	67·4
C	99·8	98·1	95·2	77·2
D	100	100	99·8	92·4
E	100	100	100	99·8

Tabelle 2: Serie 1, Mittel aus je vier Proben, Serie 2, Mittel aus je fünf Proben.

Die Versuchsergebnisse mit Garden-City-Quarz waren um 24—53% niedriger als die mit Ottawa-Standard-Sand. Alle Versuchskörper dieser Gruppe waren 6 Stunden der Kochprobe unterworfen.

3. Manchmal zeigt älterer Zement eine Abnahme, während in anderen Fällen ganz gesunder Zement, der in frischem Zustande eine Abnahme aufwies, nach einer Lagerung von einigen Wochen sich entgegengesetzt verhält.

4. Verschiedene Herstellungsmethoden der Probekörper oder dieselben Methoden von verschiedenen Versuchsausführenden hergestellt, geben oft Anlaß zu einer Abnahme an Festigkeit.

Tabelle 3 zeigt Ergebnisse einiger Zugversuche an Proben mit normalem Portlandzement. Die Ergebnisse sind derartig, daß eine Erläuterung hiezu nicht notwendig ist. Proben, welche eine Abnahme zeigen, sind gleichwertig, wenn nicht besser, als jene, welche große Zunahmen zeigen.

Digitized by Google

Zugfestigkeit kg/cm².

	Reiner Zement							1 Teil Zement zu 3 Teilen Quarz					
	1 Tag	7 Tage	28 Tage	3 Mon.	6 Mon.	1 Jahr	2 Jahre	7 Tage	28 Tage	3 Mon.	6 Mon.	1 Jahr	2 Jahre
Serie 1													
A	9·21	47·75	59·67		63·77	65·17	60·51	8·12	12·16		13·30	14·66	14·67
B	13·25	53·98	62·73		61·66	63·75	56·49	10·82	16·72		19·65	20·52	19·40
C	19·68	57·01	57·65		52·86	54·17	56·74	17·58	21·76		22·52	23·62	23·66
D	27·83	50·32	55·45		50·68	47·80	47·28	24·86	32·32			31·35	32·27
								1 Teil Zement zu 3 Teilen Standard Ottawa Sand					
Serie 2													
A	10·23	46·74	58·94	54·55	56·73			8·93	15·58	18·14	15·82		
B	8·52	48·09	56·53	59·20	53·14			12·66	20·70	20·89	20·61		
C	16·52	50·46	54·19	52·12	49·99			15·12	23·77	23·87	24·52		
D	15·19	49·13	54·16	46·64	48·82			18·67	26·77	26·11	25·48		
E	17·43	52·65	47·34	44·11	45·21			24·97	29·77	31·41	28·95		

Zu Tabelle 2.

Digitized by Google

Tabelle 3.

Feinheit.

	50 M. S.	80 M. S.	100 M. S.	200 M. S.
1	100	98·6	95·2	83·4
2	99·9	98·5	98·0	81·9
3	99·9	98·5	94·6	81·1
4	99 8	98·5	95·2	81·0
5	99·9	98·7	95·2	81·0
6	99·9	98·1	94·4	80·2
7	99·9	98·6	94·8	80·4

Zugfestigkeit in Kilogramm für den Quadratzentimeter.

	1 Tag	7 Tage	28 Tage	3 Mon.	6 Mon.	1 Jahr	2 Jahre
1	15·40	37·97	45·66	44·92	43·41		
2	15·04	42·42	51·33	49·99	51·43	44·37	50·91
3	14·13	47·73	51·43	44·81	46·99	44·28	45·32
4	16·86	48·09	51·49	53·00	52·10	52·02	52·38
5	18·63	55·76	52·26	49·87	51·25	48·29	48·93
6	25·97	53·57	52·54	58·77	53·07	57·85	53·22
7	23·23	53·91	55·31	57·15	53·53	49·41	49·81
1	—	15·71	24·08	28·21	28·47		
2	—	20·23	26·82	30·73	30·82	30·96	28·82
3	—	18·28	25·41	28·74	30·16	26·58	26·07
4	—	20·37	28·12	29·17	29·63	24·80	26·18
5	—	20·70	26·29	29·75	27·81	27·35	27·67
6	—	23·27	27·14	30·58	30·90	27·99	29·42
7	—	23·20	26·74	29·21	29·06	29·07	25·50

Tabelle 3: Mittel aus fünf Proben.

H. Prof. M. Gary bemerkt, daß der Bericht Candlot im allgemeinen nur von Festigkeit spricht. Sollte er sich auf Zugfestigkeit beziehen, so hätte er für Deutschland, wo die Zugfestigkeit wegen der Unzuverlässigkeit ihrer Bestimmung nur beiläufig behandelt wird, keine Bedeutung. Den Ländern, die auf Druckfestigkeit und auch auf eine Zunahme der Druckfestigkeit vom 7. bis zum 28. Tage Gewicht legen, wäre zu empfehlen, sich dem Antrage Candlot anzuschließen,

Digitized by Google

H. Prof. F. Schüle: In dem Berichte Candlots ist Zugfestigkeit gemeint; der Bericht zeigt, daß das Verfahren mit Hilfe der Zugproben kein verläßliches ist. In diesem Punkte ist schon vor vielen Jahren Klarheit gebracht worden. In den von dem früheren Verbandspräsidenten Prof. Tetmayer ausgearbeiteten schweizerischen Normen, die dort seit 1901 in Geltung sind, ist besonders hervorgehoben, daß es die Druckfestigkeit ist, die für die Eigenschaften des Zementes charakteristisch ist. Aus diesem Grunde berührt die von Herrn Candlot angeschnittene Frage nur jene Länder, welche Vorschriften bezüglich des Minimums an Zugfestigkeit enthalten.

H. F. Schott: Ich bin vollständig derselben Ansicht wie Herr Candlot. Auch ich halte es für ganz unzweckmäßig, eine bestimmte Zunahme der Festigkeit festzusetzen. Die deutschen Normen tun dies auch nicht, sondern kennen nur eine Minimalfestigkeit nach 7 und 28 Tagen. Ein Zement, welcher nach 7 Tagen die Minimalfestigkeit weit überschreitet, aber nach 28 Tagen eben erreicht, wird deshalb nicht als schlecht betrachtet. Ich bin im Gegenteil der Ansicht, daß die Zemente mit hoher Intensität der Erhärtung, die schon nach kurzer Zeit eine hohe Festigkeit zeigen, für die Praxis die wertvollsten sind. Es kommt nur auf die wirkliche Festigkeit an, aber nicht darauf, ob die Festigkeit in einer gewissen Steigerung gewonnen wird.

H. Bertram Blount: Ich stimme vollständig der Meinung bei, daß die Vorschriften, unter ihnen auch die British Standard Specifications, welche eine Zunahme an Festigkeit vom 7. bis zum 28. Tag verlangen, unnötig sind, da die besten Zemente ihre volle Festigkeit zeitig erreichen können und, ihre sonstige Tadellosigkeit vorausgesetzt, ganz gut verwendbar sind, auch wenn sie in späterer Zeit keine Zunahme an Festigkeit zeigen.

Dr. August Dyckerhoff: Bei den deutschen Normen ist die 7 Tage-Probe nur eine Vorprobe. Maßgebend ist die Festigkeit nach 28 Tagen. Es ist daher auch keine Rede von einer bestimmten Zunahme von 7 auf 28 Tage. Bei einer Mischung von einem Teil Zement und drei Teilen Sand wird auch immer eine Zunahme vorhanden sein. Anders ist es bei reinem Zement; hierbei kommt es vor, daß gerade sehr gute Zemente mit hoher 7 Tage-Festigkeit nach 28 Tagen unter Umständen keine Zunahme, sondern sogar einen Rückgang zeigen. Dies hat seinen Grund in der großen Sprödigkeit des Zementes bei seiner hohen Festigkeit. Ich gebe daher Herrn Candlot vollkommen recht, daß man gerade bei der Prüfung mit reinem Zement keine Festig-

Digitized by Google

keitszunahme verlangen soll, wie dies bei dieser Probe zum Beispiel die argentinischen Normen vorschreiben. Ausschlaggebend muß allein die Probe nach 28 Tagen sein.

Präsident Lesley: Diese Versuche haben in köstlicher Weise eine gewisse historische Bedeutung gewonnen. Die Ausführung der Untergrundbahnen in New-York war ein gewaltiges Werk, für welches nur beste Zemente von hervorragendem Ruf gefordert wurden, welche auch eine Zunahme ihrer Zugfestigkeit gezeigt hatten. Die Bauaufsicht ging nun in ihrer Gründlichkeit so weit, daß sie darauf bestand, daß das Verhalten, welches die Zemente bei der Erprobung gezeigt hatten, auch für die Zukunft gesichert sein solle. Da sie nun bei dem angebotenen Zement eine Zunahme der Festigkeit vom 7. bis zum 28. Tage konstatiert hatte, so bestand sie darauf, daß dieses Verhalten als ein Bedingnis in den Vertrag aufgenommen werden sollte.

Es war dies aber durchaus nicht eine der Eigenschaften des Zementes, zu denen sich der Unternehmer verpflichtet hatte.

Den Antrag des Herrn Candlot findet der Präsident berechtigt, ebenso wie die Ausführungen des Herrn Hanna, welche die Festigkeitszunahme vom 7. bis zum 28. Tag einer großen Anzahl von Ursachen — die außerhalb der Eigenschaften des Zementes liegen — zuschreibt.

H. H. F. Tucker: Wenn wir alle Vorschriften über eine Zugfestigkeitszunahme nach 7 Tagen streichen, so benötigen wir andere Proben, denn obwohl wir im Eisenbetonbau nicht auf die Zugfestigkeit, sondern auf die Druckfestigkeit rechnen, gibt uns doch die Zugfestigkeit einen Anhaltspunkt über den verkittenden Wert, von welchem auch die Druckfestigkeit abhängt.

H. R. Feret: Die von Herrn Candlot aufgeworfene Frage wird wenige der anwesenden Mitglieder interessieren, da, wie gerade gesagt wurde, es sich um Zugversuche handelt, die jetzt nach und nach in den Verordnungen weggelassen werden und nur mehr wenige der amtlichen Vorschriften eine Vermehrung der Zugfestigkeit zwischen 7 und 28 Tagen verlangen.

Diese Zunahme wurde ehemals in französischen Liefervorschriften vorgeschrieben, welche auf Zemente für Seebauten Bezug hatten und die den Zweck hatten, Zemente von zu großem Kalkgehalt auszuschalten, die wohl sehr rasch große Festigkeiten erreichen, aber später bei Gegenwart von Meerwasser gefährlich werden könnten. Wenn der Kongreß es dennoch für angezeigt halten sollte, den Antrag aufrechtzuhalten, so glaube ich nicht, daß er darüber schon jetzt be-

Digitized by Google

schließen könnte, sondern daß es nötig wäre, bestätigende Versuche vorzunehmen.

H. Dr. H. Müller: Bei den deutschen Normen von 1909 hat man geglaubt, deshalb auf die Zugfestigkeiten verzichten zu sollen, weil die deutschen Konstrukteure bei ihren Berechnungen von Beton- und Eisenbetonbauten die Zugfestigkeit des Zementes nicht berücksichtigten. Wenn in diesen Normen eine Zugfestigkeit nach 7 Tagen von 12 kg vorgeschrieben wird, so handelt es sich lediglich um eine Vorprobe, die auf Wunsch einiger Behörden der leichteren Anfertigung wegen beibehalten ist. Entscheidend bleibt die Druckprobe nach 28 Tagen.

H. R. L. Humphrey: Ich ersehe aus der Diskussion, daß unsere auswärtigen Mitglieder der Meinung sind, daß in den amerikanischen Vorschriften eine Festigkeitszunahme von 7 bis 28 Tagen verlangt wird. Dies ist nicht der Fall. Es gibt in unserem Lande nur wenig Vorschriften, welche eine solche Zunahme vorschreiben. Die Normal-Vorschriften verlangen nur, daß keine Abnahme in der Zeit bis zu 28 Tagen auftreten darf. Dies bedeutet keine Forderung an Festigkeitszunahme.

Präsident Lesley: Da sich weiter niemand zum Worte meldet, gehen wir zum nächsten Bericht über: „Die Spannungsverteilung im kleinsten Querschnitt eines Zugprobekörpers aus Zement" ($XXVIII_4$) von E. G. Coker.

(Das Verfahren der Spannungsermittlung mittels polarisierten Lichtes an beanspruchten transparenten Körpern wurde auf Zelluloidmodelle vom Querschnitt der britischen, amerikanischen und kontinentalen Zement-Normenkörper angewendet. Dies ermöglichte, das Verhältnis zwischen der größten im kleinsten Querschnitt auftretenden Spannung zur mittleren Spannung des Querschnittes zu bestimmen. Dieses Verhältnis beträgt für die drei genannten Normenkörper 1·76, 1·69, 1·93. Diese Versuche bestätigen die Vermutung, daß die verschiedenen Normenkörper bei der Zementprüfung verschiedene Versuchsergebnisse liefern.)

Der Sekretär legt den Bericht vor und verliest ein Schreiben des H. E. G. Coker, in welchem dieser bedauert, durch seine Sekretärspflichten bei der British Association in Dundee am Erscheinen verhindert zu sein; die gegebenen Ziffern kennzeichnen annäherungsweise die Abweichungen zwischen den Hauptspannungen im kleinsten Querschnitt der Zementprobekörper. Sie zeigen, wie wichtig es ist, zu internationalen Normen zu kommen, wodurch erst die Versuchsresultate in den verschiedenen Ländern vergleichbar wären. Aber schon die Versuche mit den gegenwärtig bestehenden Probekörpern könnten

Digitized by Google

wahrscheinlich genauer vergleichbar sein, wenn man die Spannungsverteilung in Rechnung ziehen würde, die in beanspruchten transparenten Modellen der Normenkörper festgestellt werden.

Präsident Lesley eröffnet die Diskussion über den Bericht. Da sich niemand meldet, geht er zum nächsten Bericht über. Er teilt aber davor mit, daß vier oder fünf Resolutionsanträge vorliegen, die der Geschäftsordnung gemäß — wenn die Versammlung zustimmt — dem Resolutionskomitee zugewiesen werden. (Zustimmung.)

Der nächste Bericht der Tagesordnung ist „Diatomeenerde als Puzzolan für Zement" (XVI_1) von A. Poulsen.

(In Beton für Wasserbehälter, Wasserkanäle, Ufer- und Hafenbauten (Wellenbrecher usw.), welche hauptsächlich dem Seewasser standzuhalten haben muß der freie Kalk (30% CaO) des Portlandzementes durch kieseligen Puzzolan neutralisiert werden; aber diese Substanz vermindert im allgemeinen die mechanische Festigkeit des Mörtels.

In dem Berichte wird erwiesen, daß Diatomeenerde nicht nur ein chemisch ausgezeichneter Puzzolan ist, sondern daß sie auch, wenn sie nach der durch die Versuche festgelegten betriebsmäßigen Methode gemischt wird, die Festigkeit des Portlandzementes erhöht.

Die Darstellung zeigt (Fig. 1 und 2) die chemischen und (Fig. 3 und 4) die mechanischen Ergebnisse, welche der Diatomeenerde vor anderen Arten Puzzolan den Vorzug erteilen.

Das Verfahren ist patentiert).

H. A. Poulsen legt seinen Bericht vor und bemerkt: Für Zement in Seewasser verwendet man gewöhnlich Traß oder andere Puzzolane, die aber auch, wie ich glaube, immer die Festigkeit des Mörtels herabsetzen. Ich habe aber gefunden, daß es ein Puzzolan gibt, nämlich Diatomeenerde, das so viel mehr Silizium enthält, daß man keinen schwächeren Mörtel, sondern direkt einen stärkeren Mörtel erhält.

Er überreicht dem Vorsitzenden eine gedruckte Mitteilung.

Präsident Lesley: Ich werde Ihnen gerne zur Diskussion das Wort erteilen, aber wir können nach der Geschäftsordnung jetzt keine Berichte mehr aufnehmen. Wenn Sie die Mitteilung in der Diskussion vorbringen wollen, werden wir sie gerne entgegennehmen.

Der Präsident eröffnet hierauf die Diskussion zu dem Berichte und erteilt H. Poulsen das Wort.

H. A. Poulsen: Nach der Drucklegung meines Vortrages in den „Mitteilungen" (1912, II., Nr. 10)*) habe ich die Resultate einiger

*) Seite 11, Zeile 18 des Berichtes XVI_1 sollen die Worte „es wurden" entfallen.

Digitized by Google

Druckproben im Alter von einem halben und einem Jahr erhalten. Die Proben wurden mit Portlandzementmörtel durchgeführt, und zwar mit Mischungen, welche auf chemischem Wege mit Traß gesättigt waren (58 kg Portlandzement und 42 kg Traß) oder mit Diatomeen-Erde (70 kg Portlandzement und 30 kg Diatomeenerde) und mit demselben Zement ohne Zusatz von Puzzolanen wie die nachfolgende Tabelle zeigt:

Druckfestigkeit kg/cm² nach	200 kg Sand und			300 kg Sand und		
	100 kg PZ	107 kg T + PZ	83 kg DE + PZ	100 kg PZ	107 kg T + PZ	83 kg DE + PZ
7 Tagen . . .	395	247	357	221	151	176
28 „ . . .	733	485	658	430	316	370
½ Jahr . . .	—	—	—	536	501	518
1 „ . . .	882	685	827	522	536	531

Die Tabelle zeigt, daß der Zementmörtel 1 : 3 anfangs fester ist als die gemischten Mörtel, aber nach einem halben oder einem Jahre ist die Festigkeit nahezu gleich. Diese Gleichheit wird unterdessen nur erreicht von einem etwas fetteren Mörtel der Traßmischung aber von einem viel mehr mageren der Diatomeenmischung. Schätzungsweise sind 600 kg Portlandzement gleich 640 kg Traßmischung und 500 kg der Diatomeenmischung. Versuche mit den drei besagten Stoffen in einer Lösung von Magnesia-Sulfat (abgekürzte Versuche des Herrn Feret über die Beständigkeit in Seewasser) zeigen bis jetzt (nach einem Jahr) keine schädliche Einwirkung auf die Diatomeenmischung, während die Traßmischung bereits nach 5 bis 8 Monaten und der reine Zement bereits nach 3 Monaten angegriffen wurden.

Was die Verwendbarkeit für den Eisenbetonbau betrifft, so habe ich in einer Reihe von Versuchen (Mischung 1 : 2 : 3) gefunden, daß die Haftfestigkeit der Eiseneinlagen 20—30 kg für den Quadratzentimeter in der Diatomeenerdmischung und 18—36 kg für den Quadratzentimeter in den unvermischten Zementmörteln betragen hat. Eine andere Serie gab die Haftfestigkeit dieser zwei Mörtel in beiden Fällen mit 28 kg für den Quadratzentimeter nach sechs Wochen an.

H. W. C. Hanna: Ich frage an, ob die Probekörper in Luft oder in Wasser gelagert waren.

Digitized by Google

Ich habe mehrere Versuche mit verfälschtem Zement gemacht, dem Tuff, Lava usw. zugesetzt waren und während Versuche mit reinen Zementmischungen gewöhnlich nicht befriedigten, zeigten jene mit einem Teile Zement und drei Teilen Sand oft bemerkenswerte Festigkeiten, wenn sie in Wasser gelagert waren. Übrigens haben sie im Gegensatz zu den Portlandzementmörteln gewöhnlich sehr geringe Festigkeiten aufgewiesen, wenn sie aus dem Wasser herausgenommen und in Luft gelagert wurden.

Meiner Ansicht nach besteht die größte Gefahr beim Gebrauch von Verfälschungen darin, daß es außerordentlich schwierig ist, sie zu kontrollieren oder vom Mißbrauch auszuschließen.

Präsident Lesley: Ich denke, ich muß den Teil des Berichtes ausscheiden, welcher von dem Gebrauch des Tuffes oder der Lava handelt, weil sich der Vortrag des Herrn Poulsen auf Diatomeenerde bezieht. Soweit die Anfrage des Herrn Hanna sich auf die Lagerung der Probekörper des Herrn Poulsen bezieht, will ich Herrn Poulsen bitten, die Frage als eine zugehörige zu beantworten.

H. A. Poulsen. Sie waren in Wasser gelagert.

H. R. L. Humphrey: Herr Vorsitzender! Ich möchte die Aufmerksamkeit unserer Mitglieder auf den Umstand lenken, daß Herr Poulsen bei Besprechung seines eigenen Berichtes eine Tabelle der Festigkeiten für verschiedene Prozentsätze an Diatomeenerde gezeigt hat. Meine Meinung geht dahin, daß eine derartige Zunahme an Festigkeit mit einem Material von so außergewöhnlicher Feinheit, das, wie ich vermute, zu dieser Mischung verwendet wurde, nicht ungewöhnlich ist, um so mehr, als Herr Poulsen den Grad der Feinheit nicht angibt, und ich glaube, daß derselbe ein sehr großer war. Ich denke, der eigentliche Wert dieses Berichtes liegt in der Tatsache, daß Mischungen dieser Art sehr erwünscht sind, weil der Überschuß an Kalk im Portlandzement durch die siliziumhältigen Zuschlagstoffe neutralisiert oder ausgeglichen wird, wobei der Widerstand gegen die Einwirkung von Meerwasser erhöht wird. Solche Materialien, wie Traß, Schlacke oder Diatomeenerde und selbst Sand wurden für diesen Zweck verwendet; wir haben in unserem Lande das, was in Europa als sogenannte „Sandzemente" bekannt sind, deren außergewöhnliche Feinheit große Zugfestigkeiten herbeiführt. Zusammenfassend glaube ich, daß es kaum gerechtfertigt ist, die überlegene Festigkeit besonders dem Zuschlag an Diatomeenerde zuzuschreiben, sondern eher der außergewöhnlichen Feinheit, zu welcher die Mischungen gemahlen wurden.

Digitized by Google

Sowohl die hiedurch erhöhte Dichte wie die Bindung des freien Kalkes durch den siliziumhältigen Zuschlagstoff vermehren die Widerstandsfähigkeit des Mörtels oder des Betons gegen die Einwirkung des Seewassers.

H. Prof. G. Scheit: H. Poulsen hat Vergleichsversuche zwischen reinem Zementmörtel, Zementtraßmörtel und Zement-Diatomeenerdemörtel angestellt und hierbei gefunden, daß der Diatomeenerdemörtel größere Druckfestigkeit besaß als der Traßmörtel. Auf Grund dieses Ausfalles von Druckversuchen an Probekörpern tritt Poulsen warm für den Ersatz des Traßmörtels durch Diatomeenerdemörtel ein. Diese Versuchsergebnisse stehen in einem auffälligen Widerspruche mit den bisherigen Erfahrungen, denn so oft auch versucht worden ist, Diatomeenerde als Mörtelzusatz zu verwenden, was an den Fundstellen dieses Produktes insbesondere nahe lag, ist es zu einer allgemeineren Anwendung für Bauausführungen nicht gekommen, weil die Beobachtung lehrte, daß derartige Mörtel den Witterungseinflüssen nicht standhalten, besonders nicht dem Froste. Da auch von mir im Frühjahre 1909 angestellte Vergleichsversuche irgendwelche Vorzüge von Diatomeenerdemörtel nicht gezeigt haben, sondern im Gegenteil nur Nachteile, muß ich mir die Frage stellen, weshalb bei den Poulsenschen Versuchen so große Druckfestigkeiten erreicht worden sind.

Poulsen ist bei seinen Versuchen davon ausgegangen, den Diatomeenerdezusatz zum Zement so zu bemessen, daß die lösliche Kieselsäure dieser Erde gerade hinreicht, um den freien Kalk des Zementes zu binden. Diese Regel ist für Puzzolanzusätze allgemein bekannt und ergibt sich aus dem Zwecke des Zusatzes auch ganz von selbst. Gleiches gilt hinsichtlich der innigen Vermischung des Zusatzes mit dem Zement. Beide Vorbereitungsverfahren sind daher nicht neu und für deren Anwendung ist ein Bahnbrecher auf dem Gebiete der Verwendung von Puzzolanmörtel, Dr. Hambloch, schon seit Jahren eingetreten. (Vgl. z. B. dessen Schrift „Traß und seine praktische Verwendung im Baugewerbe", 1908.)

Eine Abweichung in diesem Vorbereitungsverfahren liegt bei Poulsen, soweit der Bericht ersehen läßt, nur insofern vor, als Poulsen die Diatomeenerde nicht in dem von der Natur gelieferten Zustande verwendet, sondern vor der Verwendung durch Ausglühen von den organischen Bestandteilen befreit und trocknet, sodann dies Produkt nicht mit dem gemahlenen Zemente mischt, sondern mit den Zementklinkern fein vermahlt. Daß durch eine solche Vermahlung sich eine

Digitized by Google

besonders innige Mischung der beiden Bestandteile erreichen läßt, liegt auf der Hand. Ich neige daher der Ansicht zu, daß bereits durch diese mechanische Vorbereitung und die sich anschließenden mechanischen Einwirkungen der Bestandteile aufeinander, nicht aber oder doch nur in untergeordneter Weise durch chemische Einwirkungen die beobachtete hohe Druckfestigkeit der Probekörper bedingt worden ist: Wenn Poulsen die chemische Einwirkung als den allein maßgebenden Faktor betrachtet, so bleibt die Frage noch offen, ob der ermittelte größere Gehalt an löslicher Kieselsäure auch tatsächlich als verbindungsfähige Kieselsäure anzusprechen ist. Aus dem Berichte ist indessen nicht zu entnehmen, ob Poulsens Forschungen sich so weit erstreckt haben. Jedenfalls dürfte nicht festgestellt worden sein, daß die lösliche Kieselsäure tatsächlich die vorausgesetzte Verbindung eingegangen ist. Gegen das Vorliegen einer solchen Verbindung sprechen überdies die Versuchsergebnisse Poulsens selbst insofern, als z. B. Fig. 3 des Berichtes erkennen läßt, daß gerade mit der Verminderung des Diatomeenerdezusatzes unter den für die chemische Verbindung als günstigst bezeichneten Betrag die Druckfestigkeit der Probekörper bei längerer Lagerung sehr erheblich ansteigt, während sonst das gerade Gegenteil erwartet werden sollte. Anderseits läßt sich dies Ansteigen der Druckfestigkeit auch als ganz natürliche Folge des geänderten Mischungsverhältnisses, in dem nun der Einfluß des Zementes überwiegt, erklären.

Die Voraussetzungen Poulsens über die chemischen Einwirkungen können daher zunächst noch nicht als beweiskräftig für die behauptete Überlegenheit der Diatomeenerde über Puzzolane angesehen werden. Auch erscheint die Anzahl der Versuche viel zu gering, um auf die Ergebnisse einwandfreie neue Folgerungen aufbauen zu können.

Hinsichtlich der Anwendung des Diatomeenerdemörtels für Bauzwecke ist Poulsen der Ansicht, daß dieselbe keine Schwierigkeiten biete, doch dürfe der Mörtel nicht als flüssiger Mörtel angewendet werden, und zwar wegen der Porosität (gemeint ist offenbar wegen des Wasseraufsaugungsvermögens) der Diatomeenpanzer. Es ist somit nach Poulsen bei der Bemessung des Wasserzusatzes immerhin eine gewisse Vorsicht geboten. Mir will es aber scheinen, daß diese Frage noch sehr eingehender Klärung bedarf und daß gerade die große Wasseraufsaugefähigkeit der Diatomeenerde bei der Herstellung des Mörtels und für dessen Festigkeitseigenschaften von sehr erheblichem Einflusse ist.

Für die Verwendung in der Praxis bleibt aber weiter zu berücksichtigen, daß die vorausgesetzte Vermahlung der Diatomeen-

Digitized by Google

erde mit den Zementklinkern besondere Trockenanlagen und Mahlvorrichtungen erfordert. Die Vorbereitungsarbeiten können daher nur in einer Zementfabrik ausgeführt werden und das Trocknen dürfte hohe Kosten verursachen. Erwünscht wäre es daher gewesen, wenn Poulsen in seinem Berichte auch auf die Kostenfrage eingegangen wäre. In dieser Hinsicht dürften die Verhältnisse für die Anwendung von Diatomeenerde nicht gerade günstig liegen, denn außer den Kosten für das Trocknen bleibt der hohe Preis der Diatomeenerde zu berücksichtigen, der zurzeit etwa dreimal höher ist als der des Traß. Außerdem kommt die Erde nur selten in gleichmäßiger Zusammensetzung vor. Die Kostenfrage dürfte daher aller Voraussicht nach die Verwendung der Diatomeenerde ausschließen.

Die hohe Druckfestigkeit, der Poulsen eine ausschlaggebende Bedeutung beimißt, ist aber keineswegs allein ausschlaggebend, vielmehr bildet diese nur eine von den vielen Anforderungen, die an Baumörtel, insbesondere für Seewasserbauten, zu stellen sind. Wohl erwähnt Poulsen, daß die Kochprobe und auch die Feretprobe günstige Ergebnisse geliefert haben. Es handelt sich hierbei aber wohl nur um wenige Proben, so daß das Ergebnis sehr von Zufälligkeiten beeinflußt sein kann. Außerdem geben derartige Proben wohl einen Anhalt für die Beurteilung, machen aber die praktische Erprobung in der Bauausführung, die sich auf Jahre hinaus erstrecken müßte, nicht entbehrlich.

So erscheint die Poulsensche Anpreisung der Diatomeenerde als überlegener Ersatz für Puzzolane zum mindesten als voreilig. Ein solches Vorgehen kann um so weniger gutgeheißen werden, als es in Verbindung mit dem Vortrage auf einem Internationalen Kongreß für die Materialprüfungen der Technik und ohne daß zuvor Zeit zu einer Nachprüfung gegeben war, in die Kreise der Verbraucher von Puzzolanen große Beunruhigung tragen und Schädigungen der Industrie herbeiführen kann.

Ergänzend sei noch bemerkt, daß die Poulsen'sche Erklärung über den Ursprung der Diatomeenerde durch neuere Forschungen überholt ist. Dieselbe besteht nicht aus Ablagerungen von Panzern kleiner Lebewesen, sondern aus Ausscheidungen von Algen (Melosina navicula u. a.).

Vom geologischen Standpunkte kann es ferner nicht gebilligt werden, die Diatomeenerde als Puzzolan anzusprechen.

H. P. Wagner: Auf die Frage vom Zusatz nach Herrn Poulsen will ich nicht eingehen, denn ein Zusatz von Traß verändert nicht die

Digitized by Google

Erhärtung von Mörtel. Seit Jahrzehnten sind damit vielfach Versuche in Deutschland angestellt worden, und die deutschen Versuche haben das Gegenteil bewiesen. Es kommt auf die Menge des Zusatzes an und auf die Art und Weise der Vermischung. Es ist dies keine sichere Probe.

H. Edward Duryee möchte einige Bemerkungen zu dem Gegenstande machen, den Herr Poulsen in seinem Vortrage berührte.

Präsident Lesley: Handeln sie von der Diatomeenerde?

H. Edward Duryee: Ja. Die erste Reihe der Versuche wurde etwa vor einem Jahre ausgeführt, und zwar zu dem Zwecke, um zu ermitteln, ob die mit meinen Proben von Portlandzement erhaltenen Ergebnisse der Mahlfeinheit zu verdanken waren oder ob gewöhnlicher Portlandzement dieselben guten Resultate geben oder ob endlich gröber gemahlener Zement das gleiche Ergebnis liefern würde. Ich habe diese Versuche in Tabellen zusammengestellt, doch fürchte ich, daß mir zu ihrer Besprechung keine Zeit mehr zur Verfügung steht.

Präsident Lesley: Wir können uns leider in keine lange Diskussion einlassen, wenn Sie aber eine kurze Zusammenstellung haben, können Sie uns vielleicht die Versuche kurz zusammenfassen.

H. E. Duryee (schriftlicher Beitrag):

Um die Qualität von Portlandzement zu verbessern, ist es wünschenswert, den Gehalt an kolloidalen oder wirksamen Silikaten — im Gegensatze zu den nicht wirksamen Silikaten des Sandes — zu vergrößern. Hiezu dienen einige natürliche Kolloidprodukte (oder Steinglomerate), die geeignet sind, den überschüssigen Kalk im Portlandzement zu binden. Sie lassen sich nach folgenden Hauptgruppen einteilen: a) siliziumhältige tierische Skelette, b) Ablagerungen von Thermalwässern (Tuff), c) gelatinartige Ablagerungen direkt durch Zersetzung von Felsgesteinen infolge organischer Säuren entstanden, d) Ablagerungen aus Lösungen organischer Säuren, e) fossile Ablagerungen von Algen (Diatomeen- oder Infusorienerde).

Eine Qualitätsprobe für die Verwendung von Puzzolan im Zement geht dahin, daß eine im Verhältnis ansehnliche Menge von Silikaten in einer Normal-Alkalilösung löslich ist und daß die Masse mit hydraulischem Kalk gemischt und gemäß der Kurve M untersucht, Hydraulizität zeigt.

Ich habe zufriedenstellende Ergebnisse erhalten, wenn nahezu gleiche Mengen von Diatomeenerde und Portlandzement gemeinsam zu solcher Feinheit gemahlen wurden, daß 90% des Mahlproduktes

Digitized by Google

durch ein Sieb von 200 Maschen pro Zoll hindurchfallen. Ich habe gemeinsam mit einem Ingenieur-Chemiker eine Reihe von Zementen, wie sie in Fig. 1 beschrieben sind, hergestellt. Alle Diagramme sind die Ergebnisse von nach dem Normalverfahren im Verhältnis 1 Teil Zement auf 3 Teile Normalsand hergestellten Mörteln.

Fig. 1. Vergleichende Zerreißproben von Portlandzement-, Puzzolan-Portlandzement- und Kalk-Mörteln.

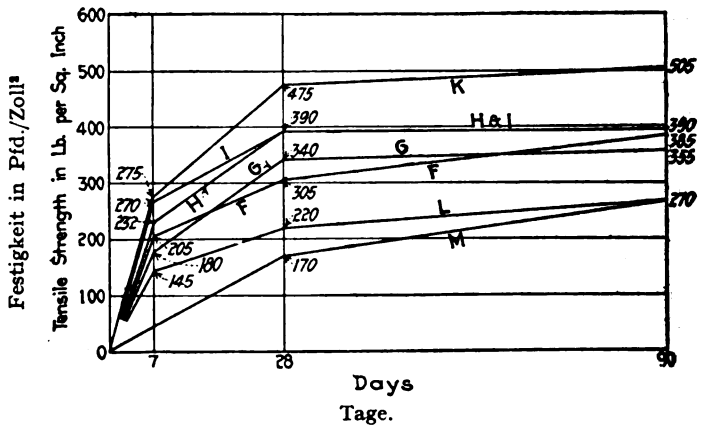


Tabelle 1.

Einzelheiten der zu den Proben (Fig. 1) verwendeten Zemente.

Probe	Zementmischung	Mahlfeinheit in Prozent des Durchfalles durch das 200 Maschensieb	Abbinden der reinen Mischung		
			Wassergehalt in Prozenten	Anfang	Ende
F	Reiner Portlandzement	84	—	—	—
G	6% Portlandzement + 5% Diatomeenerde, gesondert gemahlen	85·5	36	0h 50	4h 45
H	6% übermahlener Portlandzement + 5% Diatomeenerde, gesondert gemahlen.	87·3	42	1h 05	4h 25
J	6% übermahlener Portlandzement, kein Puzzolan	90·5	30	0h 11	4h 00
K	6% Portlandzement + 5% Diatomeenerde, zusammen gemahlen	86	42	1h 05	4h 25
L	6% Portlandzement + 5 Teilen Quarzsand, zusammen gemahlen.....	—	38	0h 09	4h 00
M	6% hydraulischer Kalk + 5% Diatomeenerde	—	—	—	—

Digitized by Google

Eine Reihe von Versuchen wurde zu dem Zwecke angestellt, um den Einfluß des Seewassers auf Portland- und Puzzolan-Portlandzemente festzustellen. Die Ergebnisse sind aus Fig. 2 und Tafel ersichtlich.

Fig. 2. Zerreißfestigkeiten verschiedener Puzzolan-Portlandzement-Mörtel.

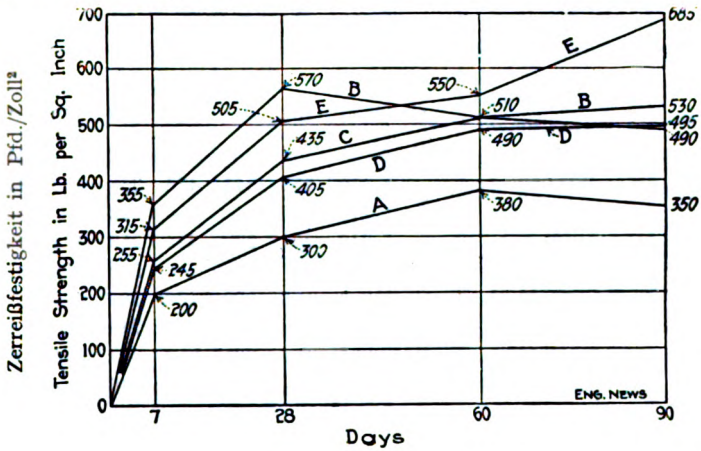


Tabelle 2.

Einzelheiten der für die Proben (Fig. 2 und Tabelle 3) verwendeten Zemente.

Probe	Zementmischung	Abbinden der reinen Mischung		
		Wassergehalt in Prozenten	Anfang	Ende
A	Reiner Portlandzement	24	2h 30	6h 30
B	1 Volumteil (38 Pfd.) Portlandzement + 2 Volumteile (38 Pfd.) Puzzolan.	35	1h 15	6h 15
C	1 Volumteil (38 Pfd.) Portlandzement + 2 Volumteile (41½ Pfd.) Puzzolan	40	1h 15	6h 15
D	1 Volumteil (37½ Pfd.) Portlandzement + 2 Volumteile (39½ Pfd.) Puzzolan	30	0h 50	6h 00
E	½ Volumteil (19 Pfd.) Portlandzement + 2 Volumteile (39½ Pfd.) Puzzolan	40	1h 00	6h 00

Anmerkung: Puzzolan = Diatomeenerde.

Digitized by Google

Tabelle 3.

Duryee's Puzzolan-Portlandzemente im Seewasser-Sud.
(Zugfestigkeit in Pfd./Zoll².)

Wasser	Probe	Nr.	7 Tage		28 Tage		3 Monate		6 Monate	
			Reiner	Sand 1:3	Reiner	Sand 1:3	Reiner	Sand 1:3	Reiner	Sand 1:3
Frisch-	Gewöhnlicher Portlandzement	A	541	205	654	310	658	332	612	385
See-	dto.		—	—	—	—	761	—	811	316
Frisch-	Duryee	B	250	270	244	476	358	418	377	531
See-	Duryee		219	—	—	—	622	—	565	641
Frisch-	Duryee	C	219	201	272	334	259	414	391	460
See-	Duryee		—	—	—	—	520	478	476	808
Frisch-	Duryee	E	224	148	389	488	501	465	491	523
See-	Duryee	E	—	—	—	—	745	—	676	808
Frisch-	Duryee	D	265	177	304	313	341	441	398	405
See-	Duryee		—	—	—	—	446	—	467	498

Anmerkung: Die Festigkeiten der 3-Monat-Sandmörtel bei B, E, D und des gewöhnlichen Portlandzements waren im Seewasser alle höher als die im Frischwasser, aber das Verzeichnis ist verloren gegangen.

Fußnote: Das zur Probe verwendete Seewasser war durch Kochen normalen Seewassers auf vierfache Konzentration gebracht. Alle Probeziegel wurden erst einen Monat in Frischwasser belassen, dann wurde eine Hälfte desselben in Seewasser gebracht.

Aller in den Proben verwendete Portlandzement war einer Probelieferung gewöhnlichen Portlandzementes entnommen, und zwar der gleichen, der die Probe A entstammt. Die Proben B, C, D und E sind besondere Mahlprodukte dieses Portlandzementes mit Puzzolanmischungen in verschiedenen Verhältnissen, die von Duryee zu Vergleichszwecken hergestellt worden waren.

Die aus Fig. 2 und Tabelle 3 ersichtlichen Ergebnisse zeigen, daß die mit Puzzolan-Portlandzement hergestellten Sandmörtel nicht fester waren als jene, die mit gewöhnlichem Portlandzement hergestellt waren, wenn sie in Frischwasser getaucht waren, daß sie aber alle fester wurden als der Portlandzementmörtel, wenn sie in die Salzwassersud gebracht wurden. Der letztere begann bereits nach 6 Monaten im Seewasser an Festigkeit zu verlieren.

Die natürlichen kolloidalen Silikate, wie z. B. Infusorienerde, bieten ein Viskositätsmittel, geeignet, den durch die Beigabe des Wassers

Digitized by Google

zum Zement freigewordenen Kalk so lange frei zurückzuhalten, bis er sich mit der Kieselsäure chemisch verbunden hat.

Das spezifische Gewicht des verwendeten normalen Portlandzements betrug 3·1, des übermahlenen (Kurve I, Fig. 1) 2·98 und des Zements Kurve K 2·64. Wenn es erwünscht ist, kann das spezifische Gewicht durch Anwendung der Infusorienerde in noch größerem Verhältnis weiter herabgesetzt werden und bei Bauten, bei denen leichtes Gewicht im Verein mit Feuersicherheit eine Rolle spielen, dürfte sich dies empfehlen.

Es dürfte nicht allgemein bekannt sein, daß sich der hohe Kalkgehalt im Portlandzement nicht wesentlich durch den Fabrikationsprozeß herabsetzen läßt, weil, wenn eine Mischung mit geringerem Kalkgehalt gebrannt wird, gleichgültig, ob sie geschmolzen wird oder dem Luftstrom ausgesetzt wird, der Klinker „verdunstet" oder in einen Staub von geringem Zementwert zerfällt. Ich empfehle daher, dem Zement nach dem Brennen Silikate beizugeben, und zwar solcher Art, daß durch sie die Verbindung mit dem durch den Wasserzusatz freigewordenen Kalk erleichtert wird.

H. H. S. Spackman: In der Diskussion wurde ein Punkt übersehen, den Herr Hanna hervorgehoben hat: Die Lagerung der Probekörper. — Puzzolanzusätze und Diatomeenerden zeigen in vergleichenden Versuchen in Luft und Wasser, daß bei Luftlagerung weniger Festigkeit erreicht wird als bei Wasserlagerung.

Dies, glaube ich, ist eine Folge der Verdunstung des Wassers (und möglicherweise auch der Karbonisierung des durch das Erhärten des Zementes freiwerdenden Kalkes), bevor die chemische Reaktion des Kalkes auf das Silizium stattfinden kann. Die Überlegenheit der Diatomeenerde als Zusatzmittel für Portlandzement kann auch teilweise auf mechanischer Einwirkung beruhen. Die skelettartige Struktur der Diatomeen begünstigt das Ansammeln von Feuchtigkeit und deren Aufsparung für chemische Reaktionen. — Ich glaube, daß dort, wo der Sandanteil im Portlandzement konstant gehalten wird und feinverteilter Traß oder Diatomeenerde der Mischung als Ganzes zugesetzt und nicht vom Zementinhalte abgezogen wird, mit einer solchen Mischung größere Festigkeiten erzielt werden können, als mit Portlandzement allein. Die Beimengung von Puzzolanzuschlägen sollte nicht so weit verlangt werden, daß sie einen Teil des Zementes ersetzt, also die Konstruktion herabsetzt, sondern als eine Zugabe, um den freiwerdenden Kalk zu neutralisieren oder zu binden.

Digitized by Google

H. P. Wagner: Die Zunahme der Festigkeit nach drei Monaten in der Poulsenprobe gibt kein abschließendes Urteil. Die Mahlung von Tuffstein zu Traß gibt ganz andere Resultate, als wenn man Traß mit Zement mahlt, da das innige Zusammenbringen eine große Rolle dabei spielt.

H. R. Feret: Ich habe ebenfalls Versuche mit einer Diatomeenerde gemacht und festgestellt, daß sie einen schlechten Puzzolan abgibt. Dies war aber nicht der von Herrn Poulsen versuchte „Moler", und es ist möglich, daß dieser trotzdem hervorragende puzzolane Eigenschaften besitzt, so wie es gute und schlechte Traßarten gibt.

H. Humphrey hat die von Herrn Poulsen erhaltenen guten Resultate einer mechanischen Einwirkung zugeschrieben, die der außergewöhnlichen Feinheit der versuchten Mischung zuzuschreiben ist. Ich habe gezeigt, daß bei guten Puzzolanen auch ein chemischer Einfluß zur Geltung kommt. Zu diesem Zwecke habe ich denselben Zement zum Teil mit einem guten Puzzolan, zum Teil mit einem passiven feinen Sand gemischt: Die erste Mischung hat sich im Meerwasser gut gehalten, während die zweite rasch zerstört wurde.

Man hat soeben gesagt, daß der Zusatz von Traß die Festigkeit von Zement vermindere; dies hängt von dem Verhältnis der verwendeten Materialien, von der Korngröße des Sandes und der Erhärtungsdauer ab. Anderseits hat der Zusatz von Puzzolanen zu Zementen in erster Linie den Zweck, sie vor dem zersetzenden Angriffe des Meerwassers zu schützen und die Frage des mechanischen Widerstandes ist von sekundärem Interesse.

Man hat auch gesagt, daß die Erhärtung der puzzolanhaltigen Mörtel im Wasser schneller vor sich gehe als in der Luft. Es ist eine nun wohlbekannte Tatsache, daß die aktiven Elemente der Puzzolane auf das CaO nur bei Vorhandensein von Wasser wirken und daß diese Mischungen bei Lagerung in trockener Luft schlecht erhärten.

H. A. Poulsen: Ich bin auch der Meinung, daß die Feinheit der Mahlung von großer Bedeutung ist. Mein Moler wird mit Zementklinkern zusammen gemahlen bis zur gewöhnlichen Feinheit des Zementanteiles: Es sind alsdann die spröden Algenpanzer noch feiner in der Mischung zugegen. Als „Grobsand" würden sie, der Porosität wegen, auch bezüglich des Frostes schädlich sein. Eben der Mangel an Feinmahlung erklärt, daß man bisher mit Diatomeenerde als Puzzolan nur schlechte Resultate erhielt. In dieser Beziehung hat Diatomeenerde einen Vorzug über den Traß, weil Traß ein Gestein ist, die Dia-

Digitized by Google

tomeenerde aber eine Sammlung von mikroskopisch feinen Partikeln, also sehr leicht fein gemahlen werden kann. Den Traß dagegen darf man nicht zu fein mahlen, sonst wirkt sein Feinsand zu schädlich. Es ist irrig, wenn behauptet wurde, mein Moler müßte erst geglüht werden, er ist vielmehr nur zu trocknen, da er nichts Organisches (Brennbares) enthält. Auch habe ich nicht die Algen „Tierchen" genannt, sie sind Kleinpflanzen. Ich meine auch, daß nach Erfahrungen von so kurzer Zeit, wie in den ersten Tabellen dargelegt, die Diatomeenerde noch nicht endgültig als Verbesserung für Wasserbaumörtel angesehen werden darf. Eben darum habe ich heute die Resultate eines ganzen Jahres angegeben. Wahrscheinlich sehen wir in zwei Jahren noch sicherere Resultate, und wenn wir in drei Jahren wieder zusammentreten, dann hoffe ich Ihnen die vierjährigen Resultate unterbreiten zu können. Ich glaube nicht darin allein dazustehen, wenn ich sage, daß die Mischung mit Traß hauptsächlich ein Herabgehen der Festigkeit zeigt. Man kann vielleicht so guten Traß erhalten, daß die Festigkeit nicht herabgeht. Ich habe z. B. in der Kongreßschrift des Herrn Hambloch 36% Siliziumgehalt angegeben gesehen, aber so guter Traß kommt doch käuflich nicht vor. Gewöhnlicher Traß wird kaum mehr als 30% SiO_2 (löslich) enthalten. Für 1 m^3 Zement mit 1 m^3 Traß (1000 kg) hat man also 300 kg SiO_2 und 700 kg Feinsand erhalten. Mit entsprechendem Moler von zirka 50% Gehalt hat man auch 300 kg SiO_2 und nur 300 kg Feinsand, oder $^3/_7$ dem Traß gegenüber, was auch genügend und doch nicht zuviel ist. Chemisch sind die 50% SiO_2 des Molers und 30% des Trasses für den Puzzolanwert maßgebend.

Meine Proben sind alle im Staatslaboratorium gemacht, wenn nicht anders angeführt ist. Sie sind normengemäß ausgeführt (nicht aus Zement ohne Sand, was ja nicht üblich ist, sondern aus Mörtel mit Normalsand in dem Verhältnis 1:2 oder 1:3) und, wie immer für Wasserbaumörtel, im Wasser gelagert.

Präsident Lesley: Nachdem sich niemand außer Herrn Feret zum Worte gemeldet hat, erkläre ich die Diskussion für geschlossen und gehe über zum nächsten Bericht: „Versuche des Meliorationsamtes der amerikanischen Bundesregierung mit Betonmaterialien" (XX_4) von J. Y. Jewett.

(Zum Geschäftsbereich des Meliorationsamtes der amerikanischen Bundesregierung, einer Abteilung des Ministeriums des Innern, gehört die Ausführung von Bewässerungsarbeiten in den halbtrockenen und öden Ländereien der

Digitized by Google

Vereinigten Staaten. Das Amt unterhält eine Prüfungsanstalt für Zement und Betonzuschlagstoffe. Seine Liefervorschriften für Zement stimmen mit jenen des Amerikanischen Verbandes überein. Die Versuche an Zuschlagstoffen haben die Überlegenheit der Sande aus gebrochenem Stein, wie Granit, Kalkstein und Basalt über die natürlichen Quarzsande erwiesen. Sandzement ist erforscht und für gewisse Bauten angenommen worden. Die Zerstörung von Beton durch Alkali bildet einen wichtigen in Behandlung stehenden Forschungsgegenstand.)

Der Sekretär legt den Bericht vor.

Der Präsident bringt ihn zur Diskussion.

H. Dr. Aug. Dyckerhoff: Ich möchte die Frage aufwerfen, was hier unter Alkali verstanden wird, ob das Schwefelsäurealkali ist?

Sekretär Wilson: Gewiß, Schwefelsäurealkali.

H. F. Schott: Es ist mir aufgefallen, daß in den amerikanischen Berichten immer die Rede ist von der Zerstörung des Zementmörtels durch die Alkalien, der in manchem Wasser enthaltenen alkalischen Salze. Ich habe nie erfahren, daß Zementmörtel durch Alkalien angegriffen wird, glaube vielmehr, daß die beobachteten Zerstörungen allein auf die schwefelsauren Salze zurückzuführen sind. Kohlensäure und Chloralkalien wirken nicht schädlich, man wendet bekanntlich sogar einen Zusatz von Chlornatrium zum Mörtel erfolgreich und ohne Nachteil an, um im Winter bei hoher Kälte arbeiten zu können. Es wäre mir angenehm, einige nähere Aufklärungen von seiten der amerikanischen Kollegen hierüber zu erhalten.

H. Richard L. Humphrey: Die Veröffentlichungen über die zerstörende Einwirkung der Alkalien auf Zement werden bereits seit einiger Zeit in unserem Lande aufmerksam verfolgt, aber ich glaube, sie werden wenig verstanden. Manchmal werden der Einwirkung der Alkalien Fehler der Ausführung und der Materialien zugeschrieben, und es hat sich auch die allgemeine Meinung verbreitet, daß Beton besonders im Westen unter derartigen Angriffen zu leiden hätte. Ich hatte das Glück, die hauptsächlichsten Ausführungen im weiten Westen zu besichtigen, gerade dort, wo von einer Einwirkung von Alkalien berichtet wurde. Ich möchte bemerken, daß dies nur in einem Bezirke der Fall ist, der sich über einen kleinen Teil von Wyoming und Süd-Dakota erstreckt, in dem das sogenannte schwarze Alkali vorkommt, ein Doppelsalz aus Magnesiumsulfat und Chlorid. Meine persönliche Meinung, die auch durch die Versuche bewiesen ist, geht dahin, daß die Zerstörungserscheinungen hauptsächlich eine Folge der raschen Verdunstung des Wassers sind, die durch die außergewöhnliche Trockenheit der Atmosphäre bedingt ist und die Kristallisation dieses Doppel-

Digitized by Google

salzes im Beton auf der Grundwasserhöhe hervorruft. Das heißt, die in dem Salze enthaltene Feuchtigkeit, welche durch die Kapilaritätswirkung aus dem Boden durch die Trockenheit der Atmosphäre angesaugt wird, veranlaßt das Salz zur Kristallisation und dies führt zu den Zerstörungserscheinungen, welche früher besprochen wurden. Je dichter der Beton, desto geringer ist der Grad der Zerstörung. Meiner Ansicht nach unterliegt es keinem Zweifel, daß, nachdem der Beton durch diese Einwirkung zerstört ist, chemische Reaktionen Platz greifen. Die schnelle Kristallbildung dieses Doppelsalzes, die eine Folge der ungewöhnlich raschen Verdunstung des Wassers ist, verursacht eine Schwellung oder Zunahme des Volumens, welche dieselben schädlichen Eigenschaften besitzt wie Frost. Des weiteren ist zu bemerken, und dies wird gewöhnlich übersehen, daß diese Einwirkung nicht allein auf Beton beschränkt ist, sondern auch Ziegel, Steine und andere Baumaterialien betrifft. Selbstverständlich fällt das Auftreten von Zerstörungserscheinungen bei Beton naturgemäß mehr auf, als das Versagen eines Materiales, das bereits während einer viel längeren Zeit in Gebrauch steht. Zusammenfassend bemerke ich, daß bei der Besprechung dieses Gegenstandes einige Irrtümer unterlaufen sind, indem man nämlich dem Alkali die Einwirkung schlechter Materialien und schlechter Arbeitsweise zugeschrieben hat.

H. P. H. Bates: Es gibt in den Vereinigten Staaten von Nordamerika zwei Klassen von „Alkalien". Das weiter verbreitete, sogenannte „weiße" Alkali besteht aus einer schwefelsauren Soda oder einer Mischung dieses schwefelsauren Salzes mit Magnesia. Andere Salze sind in verhältnismäßig geringen Quantitäten vertreten. Das sogenannte „schwarze" Alkali besteht meist aus Natrium-Karbonat, dem einige färbende organische Substanzen in Lösung beigemischt sind. Ebenso kommt an einigen Orten Kalziumsulfat darin vor. Von diesen Alkalien sind jene, die den Beton mit großer Heftigkeit angreifen, Mischungen von Natrium- und Magnesiasulfat, die anderen sind verhältnismäßig harmlos.

Präsident Lesley: Da kein Redner das Wort wünscht, gehen wir zum nächsten Bericht: „Über verschiedene chemische Erscheinungen, welche bei technischen Untersuchungen beobachtet worden sind" ($XVIII_1$), von J. Bied.

(J. Bied berichtet über Beobachtungen, die er bei Untersuchungen von Zementen gemacht hat. Der Wasserverlust beim Erhitzen auf bestimmte Temperaturen läßt gewisse Schlüsse über die Art des Zementes zu. Durch Glühen

Digitized by Google

und darauffolgender Behandlung des Zementes mit 140gradigem Dampf kann der Gehalt an freiem Kalk sowohl vor als auch nach der Abbindung bestimmt werden. Sobald auf diese Weise der freie Kalk und darauf die Kieselerde, die sich mit dem Kalk verbunden haben [durch Lösung der gesamten unlöslich gemachten Kieselerde in gebrannter Pottasche], bestimmt worden sind, läßt sich das Gewicht der gebundenen Kieselerde feststellen. Das Bikalziumsilikat geglüht und abgekühlt zeigt keine Hydraulizität, im Gegensatz zu den allgemeinen heutigen Anschauungen. Durch Schmelzung von Zementmischungen bei 1450° C [die Mischung wurde vollkommen flüssig] wurden hydraulische Produkte gewonnen, deren Abbindung sich langsam, deren Erhärtung sich dagegen sehr schnell vollzog, und die sich im heißen Wasser vollkommen gut verhielten. Ihre Zusammensetzung entsprach der Formel des Monokalziumaluminates. Schließlich ist Kieselerdezement mit 71·5% Kalkgehalt durch langes Brennen hergestellt worden, der sich bei der Warmwasserprobe vollständig beständig erwies, trotzdem er um 10% mehr Kalk enthielt, als durch die Kiesel-, Tonerde und Eisen in Form dreibasischer Salze neutralisiert werden konnte.)

Der Sekretär verliest den Auszug von H. Bieds Bericht.

H. Prof. M. Gary: Diejenigen Herren, die sich für vergleichende Versuche mit Natursanden, gewaschenen und gebrochenen Sanden und ihre Wirkung im Beton interessieren, möchte ich auf die Versuche des deutschen Ausschusses für Eisenbeton aufmerksam machen. Heft 17 der Mitteilungen dieses Ausschusses, die im Verlage von Wilh. Ernst und Sohn in Berlin erschienen, enthält eine große Menge von Versuchsergebnissen dieser Art, von Prof. Rudeloff und mir veröffentlicht. Ich habe auch schon 1898 in den Mitteilungen und den Kgl. techn. Versuchsanstalten Versuche mit Normalsanden verschiedener Länder veröffentlicht, aus denen hervorgeht, daß die gebrochenen Sande nur hohe Zugfestigkeiten, aber niedere Druckfestigkeiten liefern.

H. Dr. Paul Hänsel: Im Anschluß auf den Hinweis des Herrn Professors Gary auf die Arbeiten des deutschen Ausschusses für Eisenbeton, deren Resultate darauf hinauslaufen, daß nicht jeder gebrochene Sand, bzw. seine Festigkeit einem natürlichen oder gewaschenen vorzuziehen ist, möchte ich auf die Arbeiten der Mörtelsandkommission des Vereines österreichischer Portlandzement-Fabrikanten hinweisen, die ganz ähnliche Resultate gezeitigt haben. Die Arbeiten sind von Renezeder und Karrer durchgeführt worden und in den Protokollen des genannten Vereines veröffentlicht.

H. A. S. Spackman: Ich habe große Mengen von Zement erzeugt, der sich in seiner Zusammensetzung dem Monokalzium-Aluminat

Digitized by Google

nähert. Dieser war langsambindend, erreichte aber in kurzer Zeit eine große Festigkeit. Ähnliche Zemente, welche ungefähr die Zusammensetzung des Kalzium-Di-Aluminates besitzen, sind fester und scheinen den Angriffen der Säuren und gelösten Salze größeren Widerstand entgegenzusetzen als Portlandzemente. Diese Zemente enthalten ungefähr 45—55 Teile Aluminium, 25—35 Teile Kalk, das übrige besteht aus Eisen-Silizium und anderen Unreinigkeiten.

Präsident Lesley: Sie wollen damit sagen, daß Sie Monokalzium-Aluminium-Zemente erzeugt haben, nicht wahr?

H. A. S. Spackman: Sie können es auch auf $2Al_2O_3CaO$ bringen.

Vorsitzender Lesley (fortfahrend): Ein Teil Kalk dazu und Sie haben einen Sandzement. —

H. A. S. Spackman: — der weniger als 30% Kalk enthält.

Präsident Lesley: Nun ist die Tagesordnung erschöpft.

H. R. L. Humphrey: Ich möchte vorschlagen, daß das Resolutionskomitee an Bord des Schiffes bei der Fahrt auf dem Hudson seine Sitzung abhalte.

Präsident Lesley: Wir haben über die dem Resolutionskomitee zu unterbreitenden Anträge schon beschlossen; die Resolutionen müssen erst in der Sektion laut verlesen und dann dem Resolutionskomitee zugewiesen werden; ich bitte den Obmann des Resolutionskomitees, die Resolutionen vorzulegen, so daß sie die formal richtige Behandlung finden; auch sind noch 2—3 Berichte für die nächste Sitzung übriggeblieben.

Zum Schlusse dankt der Präsident wärmstens den drei Ehrenpräsidenten, die ebenso hart gearbeitet haben, wie die Ehrensekretäre und zu dem guten Gelingen der Sektionsverhandlungen so wesentlich beigetragen haben. (Lebhafter Beifall.)

Ein Antrag auf Schluß der Sitzung wird hierauf angenommen und die Sitzung geschlossen.

Digitized by Google

Mittwoch, den 4. September 1912, vormittags.

Präsident Lesley eröffnet die Sitzung um 9 Uhr 15 Minuten vormittags.

Präsident Lesley macht Mitteilung, daß er die Sitzung zu dem Zwecke unterbrechen werde, damit alle Anträge formell, jedoch ohne jede Diskussion verlesen werden; diese werden dann dem Komitee für Anträge übergeben werden, welches in seiner Freitag-Nachmittagssitzung über sie diskutieren und beschließen wird. Er frägt Herrn Humphrey, als Mitglied des Komitees, ob er die Anträge bereits verlesen könne.

Herr R. L. Humphrey: Es ist mir dies noch nicht möglich, hoffe aber daß dies bald der Fall sein wird.

Präsident Lesley: Zum Zwecke einer richtigeren Behandlung der heute vorliegenden Berichte wollen wir auch heute den Vorgang einhalten, alle Berichte, die den gleichen Gegenstand betreffen, nacheinander vorzulegen und die Diskussion erst über alle gemeinsam durchzuführen.

Präsident Lesley stellt fest, daß die Autoren der zunächst zu behandelnden Berichte, die Herren Blount, Gary und Schüle anwesend sind. Der erste betrifft:

„Beschleunigte Raumbeständigkeitsprobe des Zementes" (XIV_1) nach Le Chatelier von B Blount.

(Der Bericht sagt, daß es wohl möglich sei, daß Zemente, die der Le Chatelierschen Probe nicht genügen, sich als raumbeständig erweisen, daß aber kein Fall vorkomme, daß ein der Probe entsprechender Zement nicht raumbeständig wäre. Die Probe habe in England Eingang gefunden. Die größte zulässige Ausdehnung sei mit 10 mm festgesetzt. Diesen Wert haben in England nur 3 von 93 Zementen nicht erreicht. Der Bericht bringt Tabellen von Proben der letzten acht Jahre und empfiehlt die internationale Einführung der Probe als von größtem Werte.)

Herr B. Blount gibt einen Auszug seines Berichtes.

Präsident Lesley: Der nächste Bericht lautet: „Beschleunigte Prüfung der Raumbeständigkeit von Portlandzementen von Prof. M. Gary. Zu diesem Berichte liegt noch unter dem Titel „Bewährung kochunbeständiger Zemente in der Praxis" (XIV_5) ein Ergänzungsbericht des Autors vor, der mit Laternbildern begleitet werden soll. Da deren Vorführung erst in der Abendsitzung möglich wäre, der Inhalt aber den jetzt in Verhandlung befindlichen Gegenstand betrifft, will Prof. Gary jetzt beide Berichte hier erörtern.

Digitized by Google

(Im erstgenannten Bericht gibt der Autor eine kurze Übersicht der in der Vergangenheit zur Feststellung einer verläßlichen Raumbeständigkeitsprobe gemachten Versuche und Studien, die alle gegen die Kochprobe und für die Normenprobe sprachen. Trotzdem fand die Le Chateliersche Probe größere Beachtung und wurde vom Kopenhagener Kongreß von einem Teile der Mitglieder als Raumbeständigkeitsprobe empfohlen. Die vom Verein deutscher Portlandzementfabrikanten seither vorgenommenen vielfachen weiteren Versuche ergaben, daß ein Zement, der nach der Kaltwasserprobe Treiberscheinungen zeigte, bei der Le Chatelierschen Probe entsprach und daß die Prüfungsergebnisse gleicher Zemente an mehreren Stellen ungleich waren. Der Deutsche Verband kommt daher zu dem Schlusse, daß der empfehlende Beschluß des Kopenhagener Kongresses sachlich nicht begründet ist. Die Le Chateliersche Probe ist irreführend, daher zu verwerfen.

Der Zusatzbericht Garys bespricht das Verhalten von zehn Portlandzementen, die den beschleunigten Proben auf Raumbeständigkeit nicht genügten. Diese den stärksten Witterungseinflüssen ausgesetzten Proben haben nie Treiberscheinungen gezeigt und bewiesen, daß die Kochprobe für die praktische Verwertbarkeit der Zemente keine Entscheidung bietet.)

Sekretär Wilson gibt Auszüge der beiden Berichte.

H. W. C. Hanna: Ich habe bei einigen Bauten Unfälle wahrgenommen, bei denen Zement verwendet wurde, welcher die 28tägige Normen-Kaltwasserprobe bestanden hatte. Ein Unfall in der heutigen Zeit nimmt sowohl den Unternehmer wie den Eigentümer gegen die Verwendung des Betons ein. Die größtmögliche Reduktion der Unfälle ist im Interesse des Vertrauens von außergewöhnlicher Wichtigkeit. Die Vorschriften sollten daher so strenge sein, daß jeder zweifelhafte Zement ausgeschieden werde.

Ich stehe der strengen Kochprobe günstig gegenüber, wenn sich auch Zemente, welche die Kochprobe nicht bestanden haben, nach einigen Jahren unter normalen Bedingungen unstreitbar in guter Verfassung befanden.

Die Hochdruck-Kochprobe ist ohne Zweifel noch sicherer als die normale Koch- oder Dampfprobe.

Präsident Lesley: Mit dem Berichte Garys ist ein Antrag verbunden. Die Abstimmung darüber kann nicht in dieser Sitzung erfolgen. Der Antrag geht vorerst an das Resolutions-Komitee zur Behandlung.

H. Prof. M. Gary: Ich möchte, ohne auf den Inhalt der beiden Berichte näher einzugehen, nur auf die Tatsache hinweisen, daß durch die früher in Deutschland angestellten zahlreichen Versuche, um die Brauchbarkeit des Zementes durch die verschiedensten beschleunigten Raumbeständigkeitsproben festzustellen, ermittelt worden ist, daß

Digitized by Google

durch die beschleunigten Proben auf Raumbeständigkeit, Zement, der praktisch sehr wohl verwendbar war, vielfach ausgeschaltet wurde. Auf diesen Punkt komme ich in der Besprechung meiner zweiten Vorlage noch zurück.

Zweitens haben Versuche von deutschen Fachleuten den Beweis erbracht, daß die Le Chatelier-Probe an verschiedenen Versuchsstellen keine übereinstimmenden Resultate ergeben hat. Daß ferner das Material und die Bauart des Apparates von wesentlichem Einfluß auf das Versuchsergebnis sind, und daß, entgegen einer früher aufgestellten Behauptung, auch in Deutschland an sich keine Schwierigkeiten bestehen, die Le Chatelier-Proben einzuführen, weil unsere Versuche mit sämtlichen deutschen Zementen ergeben haben, daß von 88 Zementen nur 5 die Le Chatelier-Probe nicht bestanden. Im Mittel haben diese Zemente nur etwa 3 mm Dehnung ergeben. Wir würden also an sich in Deutschland keine Bedenken haben, diese Probe einzuführen, wenn sie nur zuverlässig wäre und wenn nicht bei der Fabrikation zu Gunsten des Bestehens der Le Chatelier-Probe wertvollere andere Eigenschaften zurückgesetzt würden. Wir sind der Überzeugung, daß die Le Chatelier-Probe nicht zuverlässig ist und deshalb ist es unsere Ansicht, daß der Beschluß, der in Kopenhagen gefaßt wurde, übereilt war und revidiert werden muß. Dieser Antrag soll, den Gepflogenheiten des Kongresses gemäß, heute hier nicht besprochen werden, sondern er wird nach den Wünschen des Herrn Präsidenten der Resolutionskommission überwiesen, und diese wird den Antrag, wenn er ihr zusagt, Freitag nachmittags, wo Zeit dafür da ist, hier zur Besprechung bringen.

„Die Kochprobe und die Volumenbeständigkeit des Portlandzementes bei trockener Lagerung" (XIV_3) von Prof. F. Schüle.

(Die Kochprobe ist nach schweizerischen Normen vorgeschrieben. Ihre Zuverlässigkeit wurde durch grundlegende Versuche Tetmajers klargelegt. Der Bericht gibt eine Übersicht der Ergebnisse der in der Zeit 1893—1908 durchgeführten Proben, die zeigen, daß die Kochprobe ein Mittel zur Ausscheidung zweifelhafter Zemente und daher für Zemente, die bei den an trockener Luft stehenden Bauten Verwendung finden, von größter Wichtigkeit ist.)

H. Prof. F. Schüle legt seinen Bericht vor und bemerkt hierzu:

Die schweizerischen Normen verlangen nicht nur die Probe im kalten Wasser, sondern auch die beschleunigte im warmen Wasser. Die Untersuchungen des Herrn Tetmajer haben gezeigt, daß die Warmwasserprobe für die Verwendung des Zementes in trockener Luft in Betracht kommt.

Digitized by Google

Die Probekörper wurden in der Luft und im Wasser während mehrerer Jahre aufbewahrt und untersucht. Während wir nun bei einigen keine Änderungen im Wasser bemerken, können wir bei gewissen Proben nach Ablauf von zwei, drei, vier und mehr Jahren feststellen, daß diese den Zusammenhang verlieren und zu einem Pulver zerfallen. Es zeigt sich nun, daß alle Proben, welche in trockener Luft zerfallen, mit denjenigen identisch sind, welche die Warmwasserprobe nicht bestanden haben. Es gibt andererseits Proben, welche die Warmwasserprüfung nicht bestehen und doch gut bleiben; aber alle Proben welche schlecht werden, haben die Prüfung im warmen Wasser nicht bestanden. Ich habe in meinem Berichte darüber Ziffern angegeben. In einer Serie von 2000 Zementen haben 67% der 193 Proben, welche die Warmwasserprobe nicht bestanden, in trockener Luft nach längerer Zeit eine Zerstörung des Zementes gezeigt. Es handelt sich um Beobachtungen, welche sich — mit den von Tetmajer gemachten Untersuchungen — über einen Zeitraum von 25 Jahren erstrecken.

Wir in der Schweiz erachten die Warmwasser-Raumbeständigkeitsprobe als eine der wichtigsten, besonders für die bei Bauten in trockener Luft verwendeten Materialien. Es gibt heute große Hochbauten, in denen der Zement der trockenen Luft ausgesetzt ist. Es findet hierbei im Zement eine Veränderung statt; er verliert sein Hydratwasser, das durch die Kohlensäure ersetzt wird. Diese Wandlungen machen aber nur gewisse Zemente gut durch, die anderen nicht und der Käufer will die letzteren nicht.

„Die Prüfung der hydraulischen Bindemittel" (XIV_4) von J. Bied.

(Der Bericht beschäftigt sich mit den gegen die Le Chateliersche Probe vom Deutschen Ausschuß vorgebrachten Bedenken; der Vorwurf der Ablehnung guter Zemente durch diese Probe wird durch die Tatsache widerlegt, daß die Herstellung von Zementen, die der Probe genügen, leicht ist. Die Tatsache, daß Zemente, die nach der Mahlung keine Anschwellung erfahren, nach Lüftung quellen, bezeichnet der Autor als Wirkung des den Zementen beigefügten Gipses. Zur Bestimmung des Mangels an Genauigkeit der Le Chatelierschen Probe, bzw. des Einflusses der Lötstellen, des Alterns der Hülsen, deren Aufbewahrungsart, des Zeitraumes zwischen Eintauchen in Heißwasser und dem wirklichen Ende des Abbindens sind Versuche angestellt worden, die auf eine vorschriftsmäßige Festlegung hinweisen. Die deutschen Differenzen sind auf systematische Fehler und auf Veränderungen zurückzuführen, die quellende Bindemittel selbst bei Aufbewahrung in verlöteten Kisten erfahren.)

H. R. Feret: Herr Bied ist nicht anwesend, aber er hat mich ersucht, seinen Bericht vorzulegen.

Digitized by Google

Ich möchte zu seinem Berichte nur einiges bemerken.

H. Bied stellt fest, daß in den Laboratorien der Fabriken, besonders in denen von Pavin de Lafarge, die Le Chatelier-Probe ausgezeichnete Resultate zur Prüfung der Erzeugnisse, welche man dort herstellt, liefert, und er sagt auch, daß für die Übernahmsproben diese Methode, welche zuerst einen großen Widerstand von Seite der Fabrikanten gefunden hat, nun bereits allgemein in Gebrauch steht.

Er führt auch eine gewisse Zahl von Versuchen an, um zu zeigen, daß diese Prüfungsmethode nicht so unregelmäßige Ergebnisse bietet, wie man von ihr behauptet hat.

Im besonderen führt er Versuchsergebnisse mit einer großen Zahl von Probekuchen an, welche sehr gleichartig sind.

Meiner Meinung nach liegt der Hauptpunkt der Biedschen Arbeit in den Versuchen, die er zur Erforschung der wahrscheinlichen Ursachen jener beträchtlichen Unterschiede angestellt hat, die sich in den Ergebnissen der Proben vorfinden, die vor kurzem in Deutschland zum Vergleiche der durch die Le Chatelier-Probe erhaltenen Resultate in den verschiedenen Laboratorien ausgeführt wurden. Er bemerkt zuerst, daß die beobachteten Abweichungen in den Ergebnissen der verschiedenen Laboratorien systematisch sind. Es sind stets dieselben Laboratorien, welche die stärksten Abweichungen und immer wieder dieselben Versuchsanstalten, welche die kleinsten Abweichungen geben. Diese Unterschiede würden demnach vom Laboratorium selbst abhängen.

H. Bied erinnert an einen Umstand, der schon bis zu einem gewissen Punkte bekannt ist, daß nämlich ein in einer verlöteten Metallbüchse verwahrter Zement sich rasch genug verändern könne, wenn er vor der Einführung in die Büchse schon Feuchtigkeit enthält. Diese Feuchtigkeit wirkt während der Lagerung des Zementes selbst in der verlöteten Büchse und besonders dann ein, wenn die Temperatur wechselt, und löscht den gebundenen Kalk, vermindert so die Fähigkeit des Zementes, im warmen Wasser zu treiben.

Ich werde nur einige Resultate aus diesem Versuch anführen, welche ganz charakteristisch sind. Bied hat zwei verschiedene Zemente beobachtet, die in luftdicht verlöteten Büchsen eingeschlossen waren und er hat die Le Chatelier-Probe gemacht unmittelbar bevor er sie in die Büchsen einschloß und dann nach einem Verbleib von 3 Tagen, dann nach einem solchen von 5 Tagen und endlich nach 10 Tagen. Die erhaltenen Veränderungen sind die folgenden: der erste Zement

Digitized by Google

in seinem ursprünglichen Zustande trieb im Wasser 26 mm, nach Verlauf von 3 Tagen in der verlöteten Büchse hatte die enthaltene Feuchtigkeit gearbeitet und er trieb nur mehr 16 mm, nach 5 Tagen nur mehr 12 mm und nach 10 Tagen 7 mm.

Für den zweiten Zement sind die korrespondierenden Ziffern 21, 13, 12 und 4 mm

Diese Resultate zeigen, daß bei den deutschen Untersuchungen die Zemente sich verändern konnten, auch wenn die Büchsen nicht geöffnet waren, so daß man die gefundenen Unterschiede derselben Ursache zuschreiben muß, besonders wenn die Proben nicht an demselben Tag durchgeführt wurden,

H. Prof. Gary: Herr Bied hat in seinem Laboratorium viele Versuche angestellt und gefunden, daß die Kochprobe ein ausgezeichnetes Mittel ist, um verdächtigen Zement auszuscheiden. Er meint, daß sich in 20 Jahren in Frankreich keine Anstände bei der Anwendung dieser Probe gezeigt hätten. Um die von anderer Seite erhobenen Einwände gegen die Le Chatelier-Probe zu prüfen, hat er zunächst Versuche mit verschiedenen Gipszusätzen gemacht und gefunden, daß die Kuchen bei mehr als 2% Gipsgehalt in der Le Chatelier-Nadel große Schwellungen zeigten. Über den Einfluß der Verschiedenheit der Herstellung der Probekuchen und der Verschiedenheit in der Konstruktion der Nadel hat er ebenfalls Versuche angestellt und ermittelt — wie auch wir — daß durch die Konstruktion der Nadel sowohl als auch durch die Herstellungsart der Proben die Ergebnisse erheblich beeinflußt werden. Es ist also nötig — meint Herr Bied — die Konstruktion der Nadel und die Herstellung der Kuchen noch genauer zu definieren. Schließlich hat Herr Bied auf die Verschiedenheiten der Ergebnisse an den verschiedenen deutschen Versuchsstellen hingewiesen und die Ansicht ausgesprochen, daß diese Verschiedenheiten zurückzuführen seien auf den Unterschied im Alter, in welchem der Zement den Prüfungen unterworfen worden ist. Das ist ein Punkt, auf den ich wahrscheinlich noch näher zu sprechen kommen werde. Offenbar sind hier die Tatsachen von Herrn Bied verkannt worden.

Vorsitzender Lesley: In den Erläuterungen hat Feret hervorgehoben, daß die Verschiedenheiten in den Ergebnissen der Le Chatelier-Proben der deutschen Laboratorien darauf beruhen, daß die Behälter nicht alle an demselben Tage geöffnet wurden. Wir haben nun zu dem Gegenstande der beschleunigten Raumbeständigkeitsprüfung und der Le Chatelier-Nadeln vier Berichte. Da wir aber alle Berichte als Ganzes

Digitized by Google

vorgenommen haben, will ich im Interesse einer richtigen Führung der Verhandlungen auch die Diskussionen als Ganzes in Verhandlung ziehen. Wenn keine Gegenäußerung vorliegt, so soll dies so gemacht werden:

Die erste Diskussion ist diejenige des Herrn Hanna zum Berichte des Herrn Blounts.

Sekretär Wilson verliest die folgende schriftliche Diskussion:

H. W. C. Hanna: Die internationale Annahme einer 5—6stündigen Kochprobe würde ohne Zweifel von großem Werte sein. Ich bin der Ansicht, daß die Vorschriften eine Bestimmung enthalten sollten, der die Vornahme einer Kochprobe unter hohem Drucke für die bei wirklich großen Arbeiten verwendeten Zemente verlangen sollte.

Präsident Lesley: Herr Hanna hat noch einen anderen schriftlichen Beitrag, und zwar zum Berichte des Herrn Prof. Gary eingesendet. Ich bin sicher, daß er einer kurzen Zusammenfassung, ähnlich der vorgehenden, zustimmen wird; in seiner Einsendung tritt er nämlich für die Hochdruck-Dampfproben ein. Er will dadurch Unfälle durch Zement verhüten und hofft, daß durch die Verminderung der Unfälle auf ein Minimum das Vertrauen des Publikums zur Verwendung des Zementes wieder hergestellt werden wird.

Präsident Lesley: Der Wunsch des Herrn Hanna, daß die Verwendung von Zement das Vertrauen des Publikums finden sollte, bringt mir einige Zeitungsnotizen in Erinnerung. So oft ein Bauunfall vorkommt, ist der Zement der schuldige Teil. Gen. Bixby, der auch den vorigen Abend mit uns verbrachte, war mit dem Bau einer Talsperre in Gallipolis betraut, die eines schönen Tages einstürzte, wobei dieser Unfall dem Zement zugeschoben wurde. Tatsächlich wurde festgestellt, daß das Wehr als Ganzes samt den Schleusen fortgeschwemmt wurde, da die Felsfundierung nicht ausreichend genug war; wenn man so sagen darf, war dies eigentlich ein Betonboot. Ein anderes in den Zeitungen berichtetes Bauunglück, bei dem wieder dem Zemente die Schuld zugeschrieben wurde, ließ sich darauf zurückführen, daß ein gemauertes Warenhaus mit Zementsäcken einer Belastungsprobe unterzogen wurde, wobei das Haus einstürzte. Dies war ebenfalls ein Unfall, den der Zement verursacht hatte. (Heiterkeit.)

(Herr Feret verliest folgende Zuschrift des Herrn H. Le Chatelier.)

H. Prof. H. Le Chatelier (schriftlicher Diskussionsbeitrag): Herr Gary schlägt in seinem Berichte (XIV_2) vor, die beschleunigte Probe

Digitized by Google

über die Volumbeständigkeit endgültig fallen zu lassen, obwohl sie heute in einer großen Anzahl von Ländern allgemein in Gebrauch steht. Indem er die aus der Ausdehnung der Zemente sich ergebende Gefahr anerkennt, behauptet er, daß ohne jedes Bedenken auch die normalen Versuche die wirklich schlechten Produkte ersichtlich machen. Diese Behauptung ist vielleicht in der Theorie zutreffend, sie ist es aber nicht in der Praxis. Beweis hierfür ist, daß man ehemals oft treibende Zemente passieren ließ, während dies heute bei Verwendung der Kochprobe nicht der Fall ist. Herr Gary erinnert an die Unfälle, welche durch die Verwendung magnesiumhaltiger Zemente beim Justizpalast in Kassel verursacht wurden. Er hätte gleicherweise auch diejenigen ernsten Unfälle in Frankreich anführen können, welche durch die Zemente von Campbon verursacht wurden, obwohl diese die Normenprobe erfolgreich bestanden hatten. Diese magnesiumhaltigen Zemente zeigen, wenn sie genügend fein und homogen sind, bei Kälte fortschreitende Treiberscheinungen ohne Deformationen und Risse, die erst nach einem Monat kaum sichtbar werden; sie schreiten aber ganz langsam vorwärts, so daß die Zerstörung der mit Zementen von Campbon gebauten Werke ungefähr erst in zwei Jahren bemerkbar war. Allerdings herrschen hier, ich muß es anerkennen, wirklich außergewöhnliche Umstände.

Die Gründe, welche die Beibehaltung der Kochprobe rechtfertigen, sind andere. In der Praxis verwendet man fast immer Zemente, bevor man eine Probe durchgeführt hat. Man setzt sich auf diese Weise zwei Gefahren aus: In erster Linie der Gefahr eines Festigkeitsmangels; doch ist diese nicht sehr groß, da es kein hydraulisches Bindemittel gibt, das später eine gegenüber der garantierten um die Hälfte kleinere Festigkeit aufweist, und da eine sehr große Zahl von Anwendungen (ich schließe hierbei den Eisenbeton aus) nicht den hundertsten Teil der von den Zementen dargebotenen Festigkeit ausnützt. Die zweite Gefahr, die des Treibens, ist viel ernster, da sie durch sehr geringe Nachläßigkeiten in der Fabrikation zwischen Null und Unendlich schwanken und so die vollständige Zerstörung des Mauerwerkes nach sich z ehen kann. Die Kochprobe gestattet es, sich über diese Hauptgefahr in 24 Stunden Klarheit zu verschaffen.

Sie schließt, ich erkenne es an, eine übertriebene Sicherheit in sich, da sie eine große Zahl von Zementen ausschließt, welche sich ohne Zweifel in der Praxis gut bewährt hätten. Wenn diese Sicherheit, die sie dem Konstrukteur verleiht, andernteils schwere Nachteile

Digitized by Google

ür den Fabrikanten ergeben hätte, könnte die Verpflichtung zur Ausführung dieser Probe einige Bedenken auslösen. Aber dies ist nicht der Fall. Alle Fabrikanten erkennen einstimmig an, daß es möglich ist, ohne Vermehrung des Selbstkostenpreises der Zemente den Anforderungen dieser Probe zu genügen.

Herr Gary gibt an, daß der beschleunigte Versuch über die Volumbeständigkeit das erstemal im Jahre 1909 von englischen Ingenieuren den Beratungen des Kongresses des Internationalen Verbands für die Materialprüfungen der Technik vorgelegt wurde. In Wirklichkeit sind es bereits 15 Jahre, daß ich diesen Versuch vorgeschlagen habe und glaube ich, daß es nützlich sei, nun die Geschichte seiner Entwicklung anzugeben.

Ich wurde durch Unfälle lebhaft angeregt, die durch die Verwendung von treibenden hydraulischen Bindemitteln verursacht wurden; einer meiner Brüder, Ingenieur des städtischen Dienstes in Paris, hatte Straßenwärterhäuser gebaut, deren Mauern nach und nach so starke Formänderungen erlitten, daß das Dach um 25 cm gehoben wurde, so daß die ganze Konstruktion endlich abgetragen werden mußte. Anderenteils erhielt ich Kenntnis von den Beobachtungen des Herrn Tetmajer über den Gebrauch von Wärme, um das Treiben von Zementen zu beschleunigen. Es ist ja ein ganz richtiges Prinzip, die bekannte Eigenschaft der Wärme, jeden chemischen Vorgang zu beschleunigen, auszunützen. Ich dachte auch, daß man die ehemalige Schätzungsmethode mittels Daumen und Augen durch einen strengeren Messungsvorgang ersetzen sollte und schlug den Gebrauch meiner Nadeln vor, welche heute allgemein in Verwendung stehen. Alle französischen Fabrikanten von Zementen und hydraulischen Kalken erhoben energischesten Widerstand. Ich wolle den Untergang der französischen Industrie. Ähnliche Kritiken richteten später die Metallurgen gegen mich, da ich seinerzeit die Kerbschlagprobe vorschlug, doch ich ließ sie reden und vertraute dem Einflusse der Zeit, um alle diese Schwierigkeiten zu lösen.

Einige Jahre darauf wurde von dem Minister der öffentlichen Arbeiten eine Kommission ernannt, um die Lieferungsbedingungen der Staatsverwaltung zu vereinheitlichen. Als Teilnehmer dieser Kommission wollte ich aber meine offizielle Stellung nicht ausnützen, um meine Idee zur Geltung zu bringen. Man bestimmte als Raumbeständigkeitsprobe die alte Kaltwasser-Kuchenprobe. Bevor man diese Lieferungbedingungen endgültig festsetzte, fand es die Kommission

Digitized by Google

für nützlich, sie den interessierten Fabrikanten mitzuteilen. Diese protestierten fast einstimmig gegen das Fallenlassen der Warmwasserprobe über die Volumbeständigkeit. Alle Laboratorien, sagten sie, hätten diese angenommen und gute Resultate mit ihr erzielt. Warum käme man auf die alte zurück? Auf diese Weise wurde vor ungefähr zehn Jahren die Kochprobe in den französischen Lieferungsbedingungen zum erstenmal eingeführt. Viele Fabrikanten haben mir seither die Vorteile angeführt, welche diese Methode ihnen in ihren Laboratorien zur Kontrolle der Fabrikation geleistet hatte und sie fügten hinzu, daß sie es nur richtig finden, die Verbraucher an den Wohltaten dieser Versuchsmethode teilnehmen zu lassen.

Während langer Zeit leistete die Mehrzahl der Ingenieure der englischen Fabrikanten gegen diese Probe Widerstand, in der Art, wie dies die französischen Fabrikanten getan hatten und Herr Bertram Blount war einer der hartnäckigsten Gegner. Sie sind heute bekehrt und die deutschen Fabrikanten, welche noch heute Widerspruch erheben, werden auch ihrerseits nachfolgen. Es genügt, der Zeit ihren Lauf zu lassen.

Herr Gary bemerkt, daß die Ergebnisse dieser Probe sehr unregelmäßig sind. Ich erkläre diese Ansicht für falsch. Diese Probe ist heute unter allen Zementversuchen diejenige, welche am wenigsten Unsicherheit ergibt. Sie erzeugt niemals schwere Differenzen zwischen Verbraucher und Erzeuger, während solche bei den mechanischen Festigkeitsproben unablässig zutage treten.

Die Wiederholung dieses Versuches mit demselben hydraulischen Bindemittel gibt in aufeinanderfolgenden Zeiträumen gewiß sehr verschiedene Resultate, im allgemeinen eine Verminderung des Treibens, aber manchmal auch in außergewöhnlichen Fällen eine Vermehrung. Die Versuchsresultate ändern sich mit den Eigenschaften, die gemessen werden sollen, was als Beweis über die Genauigkeit dieser Methode gelten muß. Selbst dann, wenn in zwei Laboratorien dasselbe Bindemittel geprüft wird, und zwar nach einer verschiedenen Dauer der Aufbewahrung oder nach dem Aufenthalt in feuchter Luft oder in warmer Umgebung, wird man verschiedene Resultate erhalten. Dies ist kein Fehler der Methode. Sie gibt nur das an, was sie muß, die Wirklichkeit der Tatsachen. Wahrscheinlich sind die angegebenen Unterschiede der Versuchsergebnisse der verschiedenen deutschen Laboratorien auf diese Ursache zurückzuführen, denn die Abweichungen der Ergebnisse eines und desselben Laboratoriums

Digitized by Google

gegenüber dem Durchschnittsergebnis aller Laboratorien sind alle von gleichem Sinn. Es handelt sich dabei nicht um zufällige Fehler.

Bei dieser Versuchsmethode muß man, wie bei allen anderen, alle Bedingungen des Versuchsvorgehens, die das Versuchsresultat beeinflussen können, streng festlegen. Ich habe vom Anfang an den Einfluß der Steifheit der Formen betont und aus diesem Grunde den Gebrauch eines bestimmten Metalles, und zwar geglühten Messings von bestimmter, 0·5 mm betragender Dicke empfohlen. Wenn man die Formen durch die Oxydation beeinflussen läßt oder sie beim Anlöten der Nadeln wieder glüht, entspricht man nicht mehr den normalen Versuchsbedingungen. Bis jetzt war es nicht notwendig, diese Bedingung der Steifheit der Formen zu präzisieren, aber wenn man es wünscht, ist es leicht, wie ich angegeben habe, diese Größe mit Hilfe eines Gewichtes am Lötpunkte einer der Nadeln, welche einen bestimmten Abstand der Spitzen angeben sollen, zu bestimmen.

Man kann den Kongreß veranlassen, beliebige Anträge anzunehmen und die Kochprobe über die Volumbeständigkeit auszuschalten, doch ich wette, daß man auf die jetzige Situation zurückkommen wird. Man wird den Versuchsvorgang abändern können, vielleicht greift man auf die Michaëlissche Kochprobe zurück, die ebenfalls vortrefflich ist und auf der Messung der Entfernung zweier Stifte beruht, welche in dem Probekörper befestigt sind, und deren einziger Fehler darin besteht, daß sie nach meiner Methode gekommen ist. Wie auch der Beschluß des Kongresses von New York ausfallen möge, Deutschland wird gezwungen sein, der Bewegung zu folgen, um nicht seine Industrie herabzusetzen.

H. Prof. M. Gary: Meine Herren! Der Gedanke, der auch heute wieder zum Durchbruch kommt, der Gedanke nämlich, daß die Gefahr droht, den Zug mit der Le Chatelier-Probe auf ein falsches Geleise zu schieben, hat mich veranlaßt, noch in einer besonderen Vorlage (XIV_5) darauf hinzuweisen, welche Aussichten die deutschen Zementfabrikanten und die deutschen Zementverbraucher bei der Einführung der Le Chatelier-Probe in praktischer Beziehung haben. Ich bedauere es lebhaft, daß die sehr interessanten Ausführungen des Herrn Le Chatelier nicht rechtzeitig gedruckt worden sind, gleichzeitig mit der Vorlage, wir hätten dann zu jedem Punkte der Mitteilungen des Herrn Le Chatelier einzeln Stellung nehmen können. Jetzt muß ich mich darauf beschränken, in wenigen Worten die wichtigsten Punkte,

Digitized by Google

die in den Ausführungen des Herrn Le Chatelier enthalten sind, zu widerlegen.

Ich komme zunächst auf die Mitteilungen in der eben von mir erwähnten Vorlage XIV_5 zu sprechen. Ich habe darauf hingewiesen, daß jetzt 16 Jahre verstrichen sind, seit man in Deutschland Zemente, die die Kochprobe nicht bestanden hatten und zum Teil vollständig zerkocht waren, zu sehr schwierigen, empfindlichen Zement-Kunststein-Erzeugnissen benutzt hat und daß diese Stücke nunmehr 16 Jahre im Freien unter schwierigen klimatischen Verhältnissen lagern und keinerlei Schäden aufweisen. Ich hatte vor, Ihnen diese Proben durch Lichtbilder vorzuführen, da aber kein Apparat zur Stelle ist und die Hereinschaffung eines solchen zuviel Zeit beanspruchen würde, möchte ich mich damit begnügen, die Bilder der Proben hier herumzureichen.

(Die Photographien machen die Runde.)

Sie finden von jedem Zement drei Gegenstände dargestellt, sie sind einzeln mit Buchstaben bezeichnet, und Sie werden sich leicht davon überzeugen, daß diese Probestücke wohl geeignet sind, ein Urteil darüber zu ermöglichen, ob die Kochprobe — und die Le Chatelier-Probe ist doch schließlich eine Kochprobe — eine zuverlässige Probe ist, um den brauchbaren Zement von dem unbrauchbaren zuverlässig zu unterscheiden. Und darauf allein kommt es an.

Es klingt aus verschiedenen der Vorlagen heraus, als wenn manche Fabriken — nicht nur die deutschen, sondern auch andere — nicht imstande seien, Zemente herzustellen, welche die Le Chatelier-Probe bestehen. Ich möchte von vornherein einer Legendenbildung nach dieser Richtung entgegentreten. Die Annahme ist durchaus nicht zutreffend. Es würde keinerlei Schwierigkeiten machen, auch in Deutschland ausschließlich Zemente herzustellen, welche die Le Chatelier-Probe bestehen. Wir halten es aber für falsch, die Fabrikation eines so wichtigen Bindemittels nach einer Probe einzurichten, die nach unserer festen Überzeugung nicht zuverlässig ist. Diese Überzeugung stützt sich auf die Ergebnisse von zahlreichen Versuchen an den verschiedenen Stellen, und es ist wohl nicht angängig, daß Herr Le Chatelier die auf so viele Versuche an den verschiedensten Stellen gestützte Ansicht ohneweiteres für falsch erklärt. Solange die Le Chatelier-Probe nicht derart ausgebildet ist, daß sie an allen Stellen gleichmäßige Ergebnisse liefert, solange erscheint sie uns unangebracht und für den internationalen Kongreß unannehmbar als Probe, die vor allen Dingen nicht den Fabrikslaboratorien überlassen

Digitized by Google

bleiben, sondern auf der Baustelle zur Kontrolle für das angelieferte Material Verwendung finden soll.

Als Fabriksprobe ist die Kochprobe auch in unseren Fabriken schon seit langer Zeit mit großem Erfolge in Gebrauch, aber etwas anderes ist es, wenn sie auf den Baustellen angewendet wird. Die Kochprobe ist eine Probe, die nicht nur sehr empfindlich ist, und dadurch möglicherweise wertvolle Zemente ausscheidet — darüber könnte man unter Umständen hinwegkommen — sondern die auch unzuverlässig ist und infolgedessen die Quelle zahlloser Streitigkeiten werden kann. Die Abnehmer können unter Umständen in sehr unangenehme Schwierigkeiten gebracht werden, wenn sie auf Grund der Le Chatelier-Probe genötigt sind, Zement zurückzugeben, der für die Zwecke des Baues durchaus brauchbar ist. Wenn sich durch nachträgliche Prüfungen herausstellt, daß die auf der Baustelle erzielten Ergebnisse mit der Le Chatelier-Probe — vielleicht wegen abweichender Ausstattung des Apparates oder wegen unsachgemäßer Probenahme — irrtümlich waren, der Zement also zum Schaden des Abnehmers sowohl wie des Fabrikanten zurückgewiesen wurde, entstehen Folgen, die wir für mindestens ebenso schwerwiegend wie die Unannehmlichkeiten halten, die sich einstellen können, wenn ein Zement erst nachträglich als nicht raumbeständig erkannt wird. Und nun noch eins:

Die Herren, die Herrn Le Chatelier unterstützten und sogar Herr Le Chatelier selbst, geben zu, daß die Probe zu verschiedenen Zeiten verschiedene Resultate liefert. Nun, meine Herren, frage ich Sie, was sollen wir mit einer Probe anfangen, die einen Zement, wenn er zufällig am Tage der Anlieferung geprüft wird, als treibend oder treibverdächtig bezeichnet, so daß er zurückgewiesen werden muß, während derselbe Zement, wenn Sie zufällig die Probe wegen Zeitmangels auf einige Tage verschieben müssen, durch die gleiche Probe als raumbeständig und brauchbar bezeichnet wird? Wir sind der Ansicht, daß eine solche Probe unbrauchbar ist, unbrauchbar für diejenigen, die genötigt sind, mit Zement zu bauen, denn sie kommen in eine schwierige Lage gegenüber den Fabrikanten, und außerdem setzen sie sich der Gefahr aus, den Bau überflüssigerweise auf lange Zeit hinausschieben zu müssen, bloß, weil sie zufällig die Abnahmeprobe am Tage der Anlieferung des Zementes gemacht und nicht einige Tage damit gewartet haben. Das sind Momente, die, glaube ich, nicht verkannt werden dürfen, und alle anderen akademischen Erörterungen über die ausgezeichnetste Art der Möglichkeit, sich sehr

Digitized by Google

schnell darüber zu informieren, ob der Zement Treibneigung hat oder nicht, müssen gegenüber solchen praktischen Erwägungen zurücktreten.

Wir sind schon in Kopenhagen der Ansicht gewesen, daß es Herrn Blount damals gelungen ist, durch sein energisches und sicheres Auftreten den Kongreß zu „bluffen", wie man hier in diesem Lande sagt, möchten aber den begangenen Fehler wieder gut machen.

H. Dr. Müller (im Anschluß an seinen schriftlichen [unter XXX, veröffentlichten] Bericht): Ich will mich kurz fassen. Wir haben in Kopenhagen den Protest eingebracht, weil wir behaupten, daß die Le Chatelier-Probe keine einheitlichen Resultate an den verschiedenen Prüfungsstellen ergibt und infolgedessen nicht geeignet ist, als internationale Probe empfohlen zu werden. Dänemark hat, wie ich schon erwähnte, die Le Chatelier-Probe auch nicht glatt übernommen, sondern ist in der Hauptsache bei den Kaltwasserproben geblieben und betrachtet die Le Chatelier-Probe lediglich als eine angenehme Beigabe, die als Vorprobe gilt und der weiter keine Bedeutung beigemessen wird.

Wenn selbst von den Freunden der Le Chatelier-Probe zugegeben wird, daß sie, an verschiedenen Stellen vorgenommen, keine übereinstimmenden Ergebnisse liefert, dann meine Herren, können doch wir, die wir Gegner der Probe sind, heute mit Fug und Recht verlangen, daß die Le Chatelier-Probe zunächst einmal einer weiteren und gründlichen Prüfung unterzogen wird, ehe sie hier als Vorschlag für den internationalen Verband erscheint. Ich will heute nicht mehr auf die Vorwürfe eingehen, die uns Deutschen seinerzeit gemacht worden sind Man hat gesagt, wenn ihr Deutschen keinen Zement machen könnt, der diese Proben aushält, dann werden wir euch vom Weltmarkte wegblasen. Davor haben wir keine Angst. Dann ist gesagt worden, wir könnten nicht prüfen. Ich glaube, die Vergangenheit unseres Vereines zeigt, daß wir das Prüfen recht gut verstehen und daß wir alle Prüfungsarten so ausgebildet haben, wie es durch die gegebenen Mittel möglich scheint.

Präsident Lesley macht eine auf die heutige Exkursion bezügliche kurze Mitteilung. Sodann teilt er mit, daß Herr Humphrey die Resolutionen, die dem Resolutions-Komitee zur Beratung zugehen sollen, verlesen wird und gibt folgende Veränderungen in der Zusammensetzung dieses Komitees bekannt: an Stelle des H. Sachs tritt H. Blount, neu beigezogen wird H. Feret und H. Gary.

Digitized by Google

H. Humphrey verliest die vorliegenden Anträge, und zwar folgende auf Kommission 41 bezügliche Anträge:

„Die Kommission 41 wird ersucht, dem nächsten Kongreß einen Bericht über die Prüfungsverfahren für Beton und Eisenbeton vorzulegen".

„Im Interesse der Unfallverhütung im Bauwesen und Förderung der hierfür erforderlichen Erkenntnis der Materialeigenschaften erscheint es geboten, daß in jedem Lande eine einheitliche Berichterstattung über die Unfälle in ähnlicher Weise organisiert wird, wie sie bezüglich der Dampfkesselunfälle bereits eingeführt ist. Der Kongreß spricht den Wunsch aus, daß die Eisenbeton-Kommission auf die Organisierung einer internationalen Berichterstattung hinarbeitet und auf dem nächsten Kongreß die länderweise eingesandten Berichte über Unfälle im Bauwesen mit den sich aus der Art der Unfälle ergebenen Schlußfolgerungen vorlegt".

Bezüglich der Raumbeständigkeitsprüfung von Zementen nach Le Chatelier: Antrag Gary und Martens namens des Deutschen Verbandes wie folgt: „Der in Kopenhagen gefaßte Beschluß ist aufzuheben und der Antrag zur Auffindung einer beschleunigten Prüfung für die Raumbeständigkeit von Portlandzement an die Kommission zurückzuverweisen".

Antrag Müller: „Der Internationale Verband für die Materialprüfungen der Technik möge eine Kommission einsetzen, die diese Frage auf das eingehendste prüft".

Bezüglich der Wetterbeständigkeitsprüfung von Steinen: Antrag Martens wie folgt: „Antrag 1. Die Arbeit wird an die Kommission zurückverwiesen, damit diese sich zum nächsten Kongreß über die Sicherheit der Grundlagen für dieses Verfahren im einzelnen ausläßt und begründet, inwieweit zu erwarten ist, daß das Verfahren bei Wiederholungsprüfungen an der gleichen oder an mehreren Prüfstellen die gleichen Ergebnisse liefert und die gleichen Gesteinsproben in gleiche Reihenfolge einzuordnen vermag.

Antrag 2. Den Schlußsatz des Antrages der Kommission 7 wolle der Kongreß grundsätzlich ablehnen, weil kein Internationaler Kongreß berufen ist, „Normen" für Baumaterialien aufzustellen, die nicht auf den Weltmarkt kommen, sondern in der Hauptsache innerhalb der einzelnen Länder gewonnen und auch verwendet werden".

Präsident Lesley: Sie haben die Anträge in englischer Sprache gehört. Sie sind alle schriftlich in Händen des Präsidenten des

Digitized by Google

Resolutions-Komitees, von dem auch jede etwa erwünschte Auskunft erhalten werden kann. Freitag früh gelangen die Resolutionen dreisprachig zur Verteilung.

H. Dr. A. Dyckerhoff: Ich möchte mir erlauben, Sie heute kurz mit einer Methode bekanntzumachen, mit welcher es vielleicht gelingen wird, nach 2—3 Tagen die Raumbeständigkeit eines Zementes ebenfalls durch Messen, aber seinem natürlichen Erhärtungsvorgang entsprechend, bei Lagerung in kaltem Wasser zu ermitteln. Bekannt ist ja, daß jeder Zement bei Wasserlagerung infolge des Erhärtungsvorganges etwas dehnt, und zwar am stärksten in den ersten Tagen. Durch Versuche mit dem Bauschinger-Apparat, die mein Vater in der letzten Generalversammlung des Vereines Deutscher Portlandzement-Fabrikanten veröffentlicht hat, wurde in unserem Laboratorium festgestellt, daß die Dehnung um so größer ist, je mehr der Zement bei der Kochprobe angegriffen wird. Da die Messungen mit dem Bauschinger-Apparat ziemlich schwierig auszuführen sind und der Apparat sich für die Praxis wenig eignet, verfolgte mein Vater die Idee, ein Verfahren zu finden, nach welchem man die Ausdehnung eines Zementes auf leichtere und einfachere Art messen und damit eine Höchstausdehnung nach kurzer Zeit festsetzen kann, welche ein raumbeständiger Zement nicht überschreiten darf. Auf Grund gemeinschaftlich mit dem Vereinslaboratorium in Karlshorst ausgeführter Versuche hat sich hiefür folgendes einfache Verfahren als geeignet erwiesen.

In eine dem Bauschingerschen Prisma ähnliche Form von 10 cm Seitenlänge, deren Stirnwände in einer bestimmten Neigung abgeschrägt sind, wird reiner Zement erdfeucht (etwa 19—20% Wasser) eingeschlagen. Nach 15 Stunden wird das Prisma unter Zuhilfenahme eines Entformapparates aus der Form herausgedrückt, bis 24 Stunden in feuchter Luft aufbewahrt und dann nach 2—3 Tagen Wasserlagerung wiederum in die Form eingelegt und die Höhe des über die Form herausragenden Teiles mittelst Schublehre bestimmt. Auf diese Weise läßt sich die Ausdehnung eines Zementes nach kurzer Frist sehr genau messen.

Wenn es durch weitere Versuche gelingen sollte, festzustellen, wie weit ein Zement nach dreitägiger Lagerung in kaltem Wasser aus der Form herausragen darf, um als unbedingt raumbeständig für die Praxis zu gelten, dann hätten wir eine beschleunigte Raumbeständigkeitsprobe, bei der ein Zement unter natürlichen Erhärtungsbedin-

Digitized by Google

gungen geprüft wird. Zur Feststellung einer Höchstausdehnung nach 2—3 Tagen Wasserlagerung müßten neben den Messungen an den Prismen gleichzeitig, wie seinerzeit bei unseren Versuchen Festigkeitsversuche in Wasser und an der Luft ausgeführt und Werkstücke zur Erhärtung im Freien und in trockener Luft für längere Beobachtungsdauer angefertigt werden.

Leider war die Zeit vor dem Kongreß zu kurz, das Verfahren vollkommen auszuarbeiten, doch sind ausführliche Versuche in dieser Hinsicht im Gange. Wir werden das Material der Kommission 32 gerne zur Verfügung stellen und bitten sie, dasselbe in den Bereich ihrer Untersuchungen miteinzubeziehen.

H. A. Poulsen (gedruckter Diskussionsbeitrag): Wenn bei der Le Chatelierschen Probe keine Bewegung der Nadeln stattfindet, so könnte doch andererseits eine kleine Volumverminderung stattgefunden haben. Einiger Aufschluß von Interesse kann leicht über diesen Punkt gewonnen werden, wenn man den Versuch wiederholt, indem man für kurze Zeit während des Abgusses des Mörtelzylinders ein kleines T-förmiges Metallstück in den Schlitz der Le Chatelierschen Form einsetzt. Vor dem Kochen wird das T-Stück entfernt.

Das T-Metallstück muß ein wenig ins Innere der Zylinderform hineinragen und muß an den im Mörtel befindlichen Ecken ein wenig abgerundet sein. Die Entfernung der Nadeln muß sodann vor dem Kochen mit und ohne den T-Metalleinsatz gemessen werden, damit die Volumdifferenz, die platzgegriffen hat, bestimmt werde.

Ich habe diese Art der Le Chatelierschen Probe in der Staatsprüfungsanstalt zu Kopenhagen und in einem Privat-Laboratorium ausführen gelassen und sie hat sich als geeignete Probe für Volumschrumpfung erwiesen.

H. H. J. Force: Aus den Aufklärungen, welche die Herren Blount, Gary und Schüle gegeben haben, geht hervor, daß die normalen Kochproben oder die Le Chatelier-Proben von ausgesprochener Wichtigkeit sind und daß die Versuche der genannten Herren gezeigt haben, daß ein großer Prozentsatz von Zementen, der die Kochprobe nicht bestanden hat, später auch Ursache eines Versagens war. Es drängt sich die Frage auf, ob die normale Kochprobe oder die Le Chatelier-Probe genügend streng ist, um Zemente, welche nach Jahren volumunbeständig sind, herauszufinden. Zemente, welche die regelmäßige Kochprobe bestanden haben, haben unter der Druck-Kochprobe vollständig versagt. Kuchen, welche die normale Kochprobe

Digitized by Google

ertrugen, wurden durch die Druck-Kochprob ein einzelne Stücke zerkocht. Dieselbe Probe des Zementes entsprach nach einigen Monaten allen von der Druck-Kochprobe verlangten Bedingungen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß viele Ingenieure mit Vorliebe die beschleunigten Proben anzuwenden beginnen, es scheint jedoch, daß die gegenwärtige Kochprobe nicht die wahre Volumbeständigkeit des Zementes anzeigt.

H. B. Blount: Ich glaube mich in vollkommener Übereinstimmung mit Herrn Hanna, wenn ich sage, daß Spezialproben eine Notwendigkeit sind. Er spricht von Spezial-Kochproben und von Proben für besondere Zwecke; ich glaube nicht einen Augenblick, daß in der Frage der Prüfung der Zemente bereits das letzte Wort gesprochen wurde und ich sehe daher die Zukunft als eine Periode des Fortschrittes an. Ich stimme mit Herrn Schüle in den Hauptpunkten überein, mit einer einzigen kleinen Ergänzung und die lautet: Er hält eine Kochprobe vor allem wünschenswert für den an der Luft verwendeten Zement. Ich gehe weiter und verlange, daß jeder Zement, ob er nun in Wasser oder in freier Luft verwendet wird, vollkommen entsprechen solle. Ich kann mir übrigens keine unangenehmere Lage für einen Fabrikanten vorstellen, als die, daß er zwei Arten Zement liefern soll, wenn er eine erzeugen kann, die allen Zwecken entspricht.

Der lehrreiche Beitrag, den Herr Le Chatelier gab, interessierte mich sehr. Er zeigt, wie die Sache fortschreitet. Es ist ganz richtig, was Herr Le Chatelier sagt, daß in früheren Zeiten — ich spreche von den neunziger Jahren — die Engländer den Wert dieser Hochtemperaturproben anzweifelten und daß zu jener Zeit die Zementfabrikanten der ganzen Welt schlechteren Verhältnissen gegenüberstanden, als dies heute der Fall ist. Ich glaubte — und manche meiner Kollegen haben diesen Glauben geteilt — daß die Auferlegung einer Probe dieser Art dem Zementerzeuger gegenüber damals etwas verfrüht war; wir gingen aber nach einiger Zeit, als die Erzeugung verbessert wurde, von diesem Standpunkte ab. Auch ich habe, ich muß es bekennen, sobald ich meinen Standpunkt unhaltbar fand, meinen Stolz beiseite geschoben und den Widerstand aufgegeben.

Ich vertraue übrigens darauf, daß auch in anderen Ländern bald eingehende Nachforschungen angestellt werden dürften.

Was den Beitrag Garys betrifft, so finde ich auch, daß die Le Chatelier-Probe nicht unfehlbar ist, d. h., daß öfters Fehler unterlaufen. Das kommt bei Proben aller Art vor. Das geschieht in meinem Laboratorium und in allen anderen. Doch müssen Sie sorgfältig unterscheiden

Digitized by Google

zwischen Fehlern, welche in dem System der Probe und solchen, welche in Mängeln der Ausführung gelegen sind.

Durch eine lange Beobachtungszeit — ich habe die Zementversuche seit nun 26 Jahren verfolgt — bin ich zu der Ansicht und Überzeugung gelangt, daß die Fehler, welche man seinerzeit beobachtete, sowohl der unzulänglichen Manipulation mit den Formen oder dem Einrosten, der schlechten Vorbereitung derselben wie vielleicht auch den Differenzen bei Herstellung der vorgeschlagenen Zylinder, der möglichen schlechten Beschaffenheit der Nadeln, sowie der Ungenauigkeit und Ungeschicklichkeit der Versuchsoperatoren zuzuschreiben sind. Diese Dinge sind alle bekannt, aber sie schmälern in keiner Weise den Wert der Proben. Ich hörte von Herrn Gary genau das, was ich zu hören erwartete, nämlich, daß die Zemente, welche in dem zweit produktivfähigsten Lande erzeugt und die gewöhnlich den Versuchen unterworfen wurden, ausgenommen von etwa 5% der Probe entsprochen haben.

Ich wußte und weiß, daß Herr Gary unbedingt recht hat, wenn er sagt, daß kein deutscher Fabrikant nur einen Augenblick das Ergebnis einer derartigen Prüfung zu fürchten habe. Ich komme bei dieser Gelegenheit auf eine Bemerkung zurück, die ich in Kopenhagen gemacht habe. Ich habe damals gesagt (d. h. mir wurde mitgeteilt, daß ich das gesagt habe), daß, wenn die deutschen Zemente diese Proben nicht bestünden, sie verurteilt werden sollten. Das „Wenn" macht hier den Unterschied. Ich habe niemals behauptet oder geglaubt, daß die deutschen Zemente schlecht seien, und tue es auch heute nicht. Ich hoffe, daß dies die Sache klären wird.

Nun zunächst noch etwas über die Geschichte der Kommission, die Interesse verdient. Sie wurde Ende 1902 konstituiert und — ich glaube, im Jänner 1903 versammelte ich die Mitglieder der Kommission. Sechs oder sieben folgten dem Rufe. Es wurde ein Programm ausgearbeitet und noch im gleichen Jahre an die Mitglieder verteilt. Von allen Ländern — von Rußland bis England — sind zahlreiche Antworten eingelaufen und einige Kommissionsmitglieder konnten die Arbeit nicht zu Ende führen, nur eine Sache blieb mir unverständlich — und sie hat mich unangenehm berührt — daß nämlich meine deutschen Kollegen keine Möglichkeit fanden an den Untersuchungen teilzunehmen. Ich habe ihnen alle Angaben übermittelt, die jeder andere hatte, aber ich erhielt leider keine Antwort. Die Kommission arbeitete weiter und Ende 1904 wurde ein Bericht vorgelegt.

Digitized by Google

Der Bericht war ganz klar und faßte die Ergebnisse der sehr zahlreichen Untersuchungen der Mitglieder zusammen: Als der Bericht vorgelegt wurde, durften alle Kommissionsmitglieder, gleichgültig ob sie mitgearbeitet hatten oder nicht, stolz auf ihn sein und sie hatten auch alle Ehren damit eingelegt. Für Kritik war reichlich Gelegenheit gegeben. Der Bericht hätte formell am Petersburger Kongreß 1904 vorgelegt werden sollen. Wie Sie wissen, unterblieb dieser Kongreß aus innerpolitischen Rücksichten Rußlands. Kein Wort der Kritik wurde geäußert. Der Bericht lag auf dem Tisch und stand allen Mitgliedern des Verbandes zur Diskussion bis 1909 frei, in welchem Jahre ich zu Kopenhagen, 5 oder 6 Jahre nachdem der Bericht zum erstenmal überprüft worden war, davon hörte, daß Opposition erhoben wurde. Eine solche Stellungnahme konnte doch meiner Meinung nach, nicht ernst genommen werden. Die Beschlüsse der Kommission, die länger als ein Jahr zur Fertigstellung gebraucht haben, wurden in der Kommissionssitzung vorgelegt, die unmittelbar vor der Sitzung der Sektion B stattfand. Sie wurden hier zur Gänze angenommen, gingen mit Zweidrittelmajorität in der Sektionsversammlung und dann mit großer Majorität in der Vollversammlung durch.

Präsident Lesley: Ich möchte einen Vorschlag machen. Wir haben heute viel Zeit auf die Diskussion dieses bedeutenden und für Zement wichtigsten Gegenstandes verwendet. Ich möchte Sie bitten, ob Sie morgen Donnerstag nicht etwas früher — etwa um $^1/_2$9 Uhr — hieherkommen wollten, damit wir die Diskussion in einer Stunde beenden können. Die Stenographen werden uns unterstützen und um $^1/_2$9 Uhr zur Stelle sein. Ich hoffe Sie einverstanden. (Einverständnis wird allseits gegeben.)

Der Präsident vertagt hierauf die Sitzung.

Digitized by Google

Donnerstag, den 5. September 1912, Vormittag.

Der Präsident Lesley eröffnet um 8 Uhr 30 Minuten die Sitzung.

Präsident Lesley: Haben Sie, Herr Blount, Ihren gestrigen Auseinandersetzungen noch etwas hinzuzufügen?

H. B. Blount: Ich will Ihre Geduld nicht allzulange in Anspruch nehmen und mich außerordentlich kurz fassen.

Es wurden mehrfach die Widersprüche der Le Chatelier-Probe erwähnt. Ich gebe zu, daß diese Proben oft Widersprüche enthalten. Meiner Erfahrung nach können sie alle auf die von mir gestern dargelegten Ursachen zurückgeführt werden. Der Hauptgrund ist einfach die ungenaue Durchführung der Probe. Die zweite Ursache für die Unterschiede in den Ergebnissen der Versuche, welche von mir oder anderen gemacht wurden, liegt eben in der Tatsache, daß sie an verschiedenen Orten ausgeführt wurden, daß außerdem die Lagerungszeit verschieden ist und der Zement, wie jeder Chemiker weiß, auch wenn er hermetisch abgeschlossen ist, von dem Augenblicke seiner Entnahme Veränderungen durchzumachen beginnt. Diesen Umständen schreibe ich in hervorragendem Maße die von Prof. Gary angegebenen Differenzen zu. Auch die Tatsache, daß der Zement selbst ausreift, verursacht verschiedene Resultate. Zemente, welche nicht volumbeständig sind, gehen diese Veränderungen leichter ein als Zemente, welche unmittelbar ihre endgültige Volumbeständigkeit erreichen.

Noch ein anderer Punkt ist erwähnenswert. Derartige Versuche werden ausgeführt, berichtet und durchgesprochen von zwei Gruppen von Leuten, welche auch in dieser Versammlung vertreten sind, den Technologen gleich mir, welche weder vom Fabrikanten noch vom Verbraucher abhängig sind und den Fabrikanten, welche ihre Erzeugnisse zu verbessern wünschen. Aber in Wirklichkeit wird jedoch der Standpunkt des großen Käufers oder Verbrauchers nicht immer genügend im Auge behalten und es scheint mir, daß, um einen heimatlichen Ausdruck zu gebrauchen, derjenige, der den Pfeifer bezahlt, auch die Melodie bestimmen soll, d. h. daß der Verbraucher das Recht hat, solche Versuche zu machen, die er als sichere Proben des Materials betrachtet, das er kauft.

H. Gabriel Smith: In meiner Eigenschaft als Direktor der norwegischen Hafenarbeiten bin ich für die Güte des ganzen zur Verwendung gelangenden Portlandzementes verantwortlich und ich fühle mich verpflichtet, zu bemerken, daß ich die Le Chatelier-Probe als ein wertvolles Schutzmittel ansehe. Ich muß Herrn Blount in seinen An-

Digitized by Google

schauungen unterstützen, daß diese Proben vom Verband für die Materialprüfungen der Technik als die offiziellen Volumbeständigkeitsproben aufgestellt werden sollen.

H. F. Schott: In der Frage, die uns heute beschäftigt, hat Herr Feret dem Kongreß eine Mitteilung*) überbracht, in welcher eine Äußerung enthalten ist, die ich nicht unwidersprochen lassen darf. Herr Feret weist in seinen Ausführungen darauf hin, daß ich erst ganz kurz vor dem Kopenhagener Kongreß dem Vorsitzenden der Kommission, Herrn Blount, meine gegenteilige Ansicht mitgeteilt hätte, und daß dieses auf Grund einer Verabredung mit meinen deutschen Kollegen, also mit Absicht, geschehen sei, um im letzten Augenblicke doch noch triumphieren zu können. Meine Herren, ich war damals lange Zeit abwesend und außerdem sehr beschäftigt. Das Schreiben des Herrn Blount kam sehr verspätet in meine Hände, und ich habe meine gegenteilige Ansicht Herrn Blount bekanntgegeben, ohne mit meinen deutschen Kollegen vorher ein Wort darüber gesprochen zu haben; ich konnte es gar nicht. Deshalb muß ich die Unterstellung des Herrn Feret als unrichtig und ungerechtfertigt bezeichnen. Wir Deutsche haben, glaube ich, durch unsere Arbeit jederzeit bewiesen, daß wir bereit sind, zu den Erfolgen der Wissenschaft beizutragen, aber wir haben nicht das leichte Blut wie unsere Nachbarn in Frankreich, und wir können uns nicht so schnell entschließen, eine Methode, die für die Verbraucher sowohl wie für die Fabrikanten so folgenschwer ist, so leichten Herzens einzuführen, ohne sie mit unserer bekannten deutschen Gründlichkeit auf ihre Brauchbarkeit und Richtigkeit eingehendst geprüft zu haben. Ich persönlich bin nach wie vor der Ansicht, daß es ein Fehler sein würde, für die Abweisung oder Annahme eines Materiales, welches bei falscher Verwendung niemals hohe Temperaturen aushalten kann, eine Prüfungsmethode entscheidend sein zu lassen, die auf eine Probe in heißem Wasser oder gar Dampf begründet ist. Dagegen stehe ich auf dem Standpunkte, daß eine beschleunigte Entscheidung, eine Vorprobe, eine orientierende Vorprobe Bedürfnis ist. Hierzu will ich aber bemerken, daß dieses Bedürfnis für uns Deutsche nur ein geringes ist, denn in unseren deutschen Fabriken haben wir allgemein die Kochprobe und vor allen Dingen die Heintzelsche Kugelprobe eingeführt, die nach meiner vierzigjährigen Erfahrung ein voll-

*) „Sur les essais de gonflement à l'eau chaude". Bericht vorgelegt der Réunion des membres français et belges de l'Association Internationale. Abdrücke dieses Berichtes wurden in der Sitzung verteilt.

Digitized by Google

kommen sicheres und sehr rasches Urteil (schon nach einer Stunde) gestattet. Infolgedessen ist die Gefahr, daß derart fehlerhaftes Material in den Handel kommt, in Deutschland nur eine sehr geringe.

Bemerken möchte ich noch, daß diese Frage unseren Kongreß schon lange beschäftigt. Ich weise darauf hin, daß wir schon auf dem Kongreß in Zürich, wo ich die Ehre hatte, das Referat zu erstatten, uns mit der Kuchendarrprobe beschäftigten, die später als unbrauchbar verworfen wurde. Auch die Le Chatelier-Probe, wie sie uns heute vorgelegt wird — das wird selbst von Herrn Le Chatelier zugegeben — zeigt noch Mängel, und solange dies der Fall ist, sind wir gegen ihre Einführung. Wir sind der Ansicht, daß die Frage noch nicht spruchreif ist und zur weiteren Bearbeitung einer Kommission überwiesen werden muß.

H. R. Feret: Herr Schott hat bemerken können, daß die in meiner Arbeit in Angelegenheit seines einige Tage vor dem Kopenhagener Kongreß an diesen gerichteten Protestes angeführten Mutmaßungen keineswegs bestimmte Erklärungen darstellen, sondern in einfacher Weise den Eindruck wiedergeben, welchen man aus dem Verlauf der ganzen Debatte erhalten hat. Ich bin glücklich, aus seinem Munde zu erfahren, daß dieser Eindruck unbegründet war.

Was die in den Berichten der Herren Gary (XIV_2) und M. Martens (XXX_5) formulierten Vorschläge auf Annullierung des Kongreßbeschlusses von Kopenhagen betrifft, bin ich der Meinung, daß dies kein logischer Vorgang ist, da dieser Beschluß infolge der langjährigen Arbeiten einer internationalen Kommission gefaßt wurde und der Kongreß jetzt nicht ohne neue widersprechende Versuche einen anderen fassen kann.

Wenn die kürzlich in Deutschland durchgeführten Versuche den Wert der Le Chatelier-Probe einzuschränken trachten, so ist doch zu beachten, daß diese Erfahrungen teilweise den von Herrn Bied in seinem Berichte (XIV_4) mitgeteilten Beobachtungen entgegengesetzt sind. Ich habe gleicherweise eine große Zahl von Versuchen gemacht, welche in einer Schrift beschrieben sind, die soeben unter Ihnen verteilt wurde und die den Wert der Le Chatelier-Probe bestätigen. Ich hinterlege auf dem Bureau einen Antrag, der die Aufrechterhaltung des status quo sowie die Einsetzung einer Kommission verlangt, welche die Studien über die Le Chatelier-Probe fortsetzen soll. Dieser Antrag lautet:

Unter Berücksichtigung:

1. daß es nicht logisch ist, von einem früheren Beschluß, welcher auf Grund langjähriger Untersuchungen einer internationalen Kom-

Digitized by Google

mission von dem letzten Kongreß gefaßt worden ist, abzukommen, ohne neue kontradiktorische Untersuchungen auszuführen;

2. daß, obgleich einige neuere Versuche den Schlußfolgerungen der ehemaligen Kommission (Nr. 32) zugunsten der Le Chatelier-Probe zu widersprechen scheinen, die von anderer Seite ausgeführten Versuche dieselben zu bestätigen scheinen;

beschließt der Kongreß den status quo aufrecht zu erhalten und eine Kommission zu ernennen, um die möglichen Verbesserungen des Verfahrens weiter zu verfolgen.

Präsident Lesley: Als Vorsitzender möchte ich mir einige Bemerkungen erlauben. Auf Seite 83 des Berichtes des Herrn Feret wird festgestellt, daß Herr Lesley aus Philadelphia als Mitglied der Kommission vor dem Kongreß einen Vortrag hielt, dessen Gegenstand nicht in Übereinstimmung mit dem Kommissionsberichte steht. Dies beruht auf Tatsachen. Herr Lesley hat einen solchen Bericht vorgelegt, doch zweifellos durch einen Irrtum oder eine Verzögerung, oder aus sonst einem Grunde wurde der Bericht, von dem er glaubte, daß er die Meinung des größten zementerzeugenden Landes der Welt repräsentiere, nicht derjenigen Körperschaft zur Begutachtung vorgelegt, vor die er gehörte. Herrn Lesley lag jede Kritik und jede Opposition fern. Der Gedanke, daß in einer wissenschaftlichen Körperschaft volle Klarheit und volles Verständnis für jeden Gegenstand herrschen soll, läßt Herrn Lesley als Mitglied der Kommission glauben, daß sein Standpunkt und seine einfachen Schlußfolgerungen der Erörterung und Überlegung durch diese Körperschaft und den Kopenhagener Kongreß würdig wären.

H. R. L. Humphrey: Die Frage der Volumbeständigkeit von Portlandzement ist eine Frage, die jedem Lande Unannehmlichkeiten bereitet hat, gerade sowie die meisten von uns alle möglichen Kinderkrankheiten mitgemacht haben und es scheint mir, daß auch der Verband hievon angesteckt worden ist. Wir befinden uns nun mitten in einer Diskussion über die Versuchsmethoden der Raumbeständigkeit von Portlandzement.

Ich glaube, daß wir beim jetzigen Internationalen Kongreß die Annahme irgend einer Methode, die wir gerade vorziehen, nicht erzwingen können. Alles, was wir zu erreichen hoffen dürfen, ist, Anregungen zu geben und daß diese Anregungen, wenn sie den ungeteilten Beifall des Kongresses finden, von allen Ländern angenommen werden, da sie sich mit diesen Vorschlägen in vollkommener Übereinstimmung befinden. Ich denke, es liegt auf der Hand, daß in der Frage der be-

Digitized by Google

schleunigten Prüfungsmethoden für die Volumbeständigkeit des Portlandzementes noch keine Übereinstimmung herrscht. Die Vereinigten Staaten, als größtes Zement erzeugendes Land der Welt, haben mit den beschleunigten Volumbeständigkeitsproben größere Sorgen gehabt als mit irgend einer anderen Probe. Erst unlängst wurde eine neungliedrige Kommission eingesetzt, welche aus je drei Mitgliedern der American Society of Civil Engineers, der American Society for Testing Materials und dem Departmental Conference Committee der Regierung der Vereinigten Staaten besteht, und damit betraut, die Zementproben zu studieren. Zweifellos wird diese Kommission Versuche über die Volumenbeständigkeit des Zementes auch in den Kreis ihrer Studien ziehen. Wie Sie wissen, benützen wir in Amerika die Kuchenprobe und ich glaube, daß der Boden für die Le Chatelier-Probe in diesem Lande nicht günstig ist. Derzeit können wir, als Staat, die Le Chatelier-Probe nicht annehmen. Was immer das Ergebnis des Kongresses in Kopenhagen gewesen ist, es ist augenscheinlich, daß es die Folge einer irrtümlichen Auffassung war, und wir können nur hoffen, daß das Studium dieser Frage von neuem aufgenommen wird und zu befriedigenden Resultaten führt. Ich bin ganz sicher, daß die verschiedenen Laboratorien, die sich unter der Leitung der Kommission, deren Bildung, wie ich hoffe, ihre Zustimmung finden wird, mit dieser Frage näher beschäftigen werden, ausgezeichnete Arbeiten nicht nur über die Le Chatelier-Probe, sondern auch über alle übrigen Versuchsmethoden für Raumbeständigkeit von Portlandzement bieten werden. Dr. Dyckerhoff hat gestern z. B. nur eine Methode vorgeschlagen, doch sehe ich keinen Grund, warum nicht auch alle übrigen Proben über Volumenbeständigkeit in das Studienprogramm einbezogen werden sollten. Ich glaube, daß es heute keine wichtigere Zementprobe gibt als die über Volumenbeständigkeit und deshalb müssen wir uns auf eine bestimmte Art einigen. Wir haben einen ganz bestimmten Weg vorgeschrieben und ich glaube, daß es jetzt an der Zeit ist, auf internationalem Wege endlich eine Probe, die allen Bedingungen entspricht, festzulegen. Da ein halbes Dutzend Methoden existieren, muß ja doch eine allen anderen überlegen sein. Lassen Sie uns diese Probe herausfinden. Ich hoffe, daß die vorliegende Resolution angenommen werden wird, die dahin geht, daß wir derzeit noch keinen endgültigen Beschluß fassen und in den nächsten drei Jahren ernstlich an die Erforschung aller Volumenbeständigkeitsproben für Portlandzement schreiten, um endlich eine vollständige Übereinstimmung zu erzielen. Ich möchte einen Zusatz zu dem von

Digitized by Google

Herrn Feret gestellten Vorschlag vorbringen, der in den Wortlaut desselben wie folgt eingefügt werden soll:

„Es wird beschlossen, daß der vorgeschlagenen Kommission zum Studium der Versuchsmethoden über die Volumenbeständigkeit des Portlandzementes die Aufgabe übertragen wird, alle Methoden der beschleunigten Prüfungsversuche über die Volumenbeständigkeit zu prüfen."

Vorsitzender Lesley: Geschieht dies in Form eines Antrages?

H. Richard L. Humphrey: In Form eines Zusatzantrages.

H. B. Blount: Der Antrag Feret beschränkt sich nicht auf die Le Chateliersche Probe. Er läßt die Untersuchung für alle Prüfungsmethoden offen.

Präsident Lesley: Es ist also der Zusatzantrag nicht notwendig. Wenn Herr Humphrey den Antrag des Herrn Robertson in der allgemeinen Form auffaßt, so kann er ohne Zusatz unverändert weitergegeben werden.

H. Humphrey: Ja.

H. H. S. Spackman: Professor Schüle gibt an, daß die Festigkeit des luftlagernden Betons infolge der Verdrängung des Hydratwassers durch die Kohlensäure langsam vermindert wird. Zur Unterstützung dieses Standpunktes werden typische Analysen vorgelegt, die aus einem Mittel von 15 Analysen entstanden sind, die mit einige Jahre in Luft und in Wasser gelagerten Proben gemacht wurden.

Diese Analysen zeigen bei Proben mit Wasserlagerung einen Gehalt an gebundenem Wasser von 10·44% (d. i. auf ungefähr 70% des gesamten Gehaltes an gebundenem Wasser) gegenüber 2·95% bei Luftlagerung und einen Gehalt an Kohlensäure von 2·61% bei den Proben mit Wasserlagerung gegenüber 12·77% bei jenen mit Luftlagerung.

Als Folge davon fand der Verfasser an plastischen Proben in der Zusammensetzung 1 Teil Zement + 5 Teile Sand, nach 2½ Jahren bei Luftlagerung gegenüber Wasserlagerung einen ungefähren Festigkeitsverlust von 39% der Biegungsfestigkeit und 46% der Druckfestigkeit. Es ist im Hinblick auf die zahlreichen Eisenbetonbauten, welche ohne ersichtlichen Verlust an Festigkeit viel größere Zeitdauer intakt bleiben, schwierig, diese Ergebnisse als richtig anzunehmen, wofern man sie nicht etwa nur auf die kleinen Probestäbe beschränkte. Ich möchte den Verfasser fragen, ob dies der Fall ist oder ob wir seiner Meinung nach dies so zu verstehen haben, daß die Ergebnisse für die heutigen Baukonstruktionen typisch sind. Wenn Professor Schüle Recht hat, dann wird die Standfestigkeit unserer Eisenbetongebäude

Digitized by Google

am Ende nur von der Bindekraft des gebildeten Kalzium-Karbonats abhängen, und da diese mutmaßlich viel kleiner als die der hydraulischen Silikate und Aluminate des Kalkes, der ursprünglichen Bindemittel, ist, müßten unsere Konstrukteure einen erhöhten Sicherheitsgrad für eine derart mögliche Zerstörung einhalten.

H. Prof. F. Schüle: Herr Spakman bezieht sich auf meinen Bericht, in dem die Veränderungen, die einerseits unter Wasser, anderseits in der Luft aufbewahrter Zement zeigt, behandelt werden. Nach Verlauf einiger Jahre hat sich die Menge der ursprünglich darin enthaltenen Kohlensäure bis zu einem Prozentsatz von 11 und 12 vermehrt, während sich der Gehalt an gebundenem Wasser vermindert. Dies hat sich sowohl bei Zementproben, die sich gut gehalten haben, als auch bei solchen, die sich schlecht gehalten haben, ergeben. Herr Spackman fragt nun, ob ich glaube, daß sich diese Transformation ebenso in trockener Luft bei den Eisenbetonkonstruktionen als bei einer im Laboratorium aufbewahrten Probe vollzieht. Ich spreche die Ansicht aus, daß hier kein Unterschied gemacht werden kann.

H. Prof. N. Belelubsky: Ich möchte den Wunsch aussprechen, daß die Frage über die Volumsbeständigkeit auf den nächsten Kongreß vertagt werde. Ich bin ein sehr alter Kongreßteilnehmer und weiß, daß diese Frage bereits von Anfang an auf der Tagesordnung steht. Trotzdem halte ich es für wünschenswert, sie nochmals bis zum nächsten Kongreß zu vertagen, um endlich die Wahrheit aus diesen Widersprüchen herauszufinden, da das Leben nicht verlangsamt werden kann, das Zeitalter der Eisenbahnen, der Eisenbetonkonstruktionen die schnellste Lösung aller dieser Fragen verlangt.

In Rußland sahen wir uns angesichts der großen Entwicklung der Eisenbetonkonstruktionen bei Eisenbahnen und sonst in der Bautechnik gezwungen, eine beschleunigte Übernahmsprobe von 7 Tagen einzuführen, dabei aber im allgemeinen die Probe stets bis zur Dauer von 28 Tagen weiter beizubehalten. Wir stellen seit 25 Jahren schon Zeugnisse über den Zement nach siebentägiger Versuchsdauer aus. Wir müssen deshalb auch schon nach dieser Zeit Ergebnisse über die Volumbeständigkeit haben. Bisher hat uns für diese siebentägige Übernahmsprobe eine Kochprobe bei 120° und außerdem die Michaelissche Kochprobe befriedigt. Wenn diese beiden Proben zusammen mit einer Prüfung des spezifischen Gewichtes und der Festigkeiten zufriedenstellende Resultate ergeben haben, so stellen wir das Zeugnis

Digitized by Google

aus. Seit 25 Jahren haben wir keine praktischen Erfahrungen gemacht, die diesen Probeergebnissen widersprochen hätten.

Präsident Lesley: Ich schließe hiermit die Debatte. Der nächste Bericht lautet: „Antrag auf Feststellung eines einheitlichen SO_3-Gehaltes im Portlandzement" vom Verein Deutscher Portlandzement-Fabrikanten.

(Die in den einzelnen Ländern für den Höchstgehalt von SO_3 im Portlandzement aufgestellten Forderungen weichen von einander stark ab und sind in einigen Ländern für Süßwasser- und Seewasser-Zemente verschieden. Besondere im Materialprüfungsamte zu Groß-Lichterfelde ausgeführte Proben zeigten, daß der in den deutschen Normen angegebene Höchstgehalt von 2·5% ebenso wenig im Seewasser wie im Süßwasser schädlich wirkt. Der Bericht schließt mit dem Antreg auf Empfehlung eines einheitlich für alle Verwendungszwecke zulässigen Höchstgehaltes an SO_3 von 2·5%.)

H. Dr. A. Dyckerhoff: Die Begrüdung des Antrages des Vereines Deutscher Portlandzement-Fabrikanten auf Festsetzung eines einheitlichen SO_3-Gehaltes im Portlandzement liegt Ihnen im Kongreßbericht $XVII_4$ vor.

Die Veranlassung zur Einbringung dieses Antrages ist die, daß nicht nur in den verschiedenen Ländern der SO_3-Gehalt im Portlandzement verschieden hoch festgesetzt ist, sondern in einigen Ländern sogar noch ein Unterschied gemacht wird im Höchstgehalt von SO_3 je nach der Verwendung des Zements für Süß- oder Seewasser.

Hieraus haben sich im internationalen Verkehr sowohl für die beziehenden Länder, wie für die liefernden Fabriken erhebliche Nachteile und Schwierigkeiten ergeben, weshalb es im allgemeinen Interesse liegen dürfte, international einen bestimmten Höchstgehalt an SO_3 im Portlandzement für alle Verwendungszwecke festzusetzen.

In Deutschland ist durch die „Normen", wie Ihnen ja bekannt ist, auf Grund ausgedehnter Versuche einheitlich ein SO_3-Gehalt von 2·5% zugelassen. Um die Bedenken der Länder zu beseitigen, welche für Seewasserbauten einen niederen Gehalt an SO_3 als für Süßwasser festsetzen, hat der Verein Deutscher Portlandzement-Fabrikanten durch das Königl. Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde mit Zementen mit verschiedenem SO_3-Gehalt die in dem Berichte Ihnen zugegangenen Versuche ausführen lassen, aus welchen sich folgende Schlußfolgerungen ergeben:

1. Die Festigkeitsprüfungen zeigten, daß ein Gehalt von 2·5 v. H. SO_3 (Schwefelsäureanhydrid) im Portlandzement beim Erhärten im Seewasser durchaus unschädlich ist.

Digitized by Google

2. Der Befund der in der Nordsee lagernden großen Quader und der Platten im Wattenmeer ergab, daß der schwefelsäurereichere Zement mit 1·19 v. H. SO_3-Gehalt und auch auf 2·5 v. H. SO_3 angereichert, sich gut bewährte, während der schwefelsäurearme, speziell für Seewasserbauten gelieferte Zement mit 0·57 v. H. SO_3 sich schlecht verhielt und auf 2·5 v. H. SO_3 angereichert, sogar Verbesserungen aufwies.

3. Durch die chemische Untersuchung der Platten wurden beim schwefelsäurereicheren Zement sowohl im Anlieferungszustande, als auch auf 2·5 v. H. SO_3 angereichert, nur geringe chemische Einwirkungen des Seewassers festgestellt. Der schwefelsäurearme Zement zeigte im Anlieferungszustande erhebliche chemische Veränderungen durch das Seewasser, auf 2·5 v. H. angereichert dagegen bedeutend geringere.

Aus diesen Resultaten geht in unzweifelhafter Weise hervor, daß ein SO_3-Gehalt im Portlandzement bis zu 2·5 v. H. ebensowenig im Seewasser wie im Süßwasser irgendwie schädlich wirkt.

Ferner beweisen die guten Erfahrungen, welche überall bei Seebauten mit solchen Portlandzementen gemacht wurden, die einen höheren SO_3-Gehalt hatten, als ihn die Länder mit Spezialvorschriften für Seewasserbauten festsetzen, daß der höhere SO_3-Gehalt dieser Zemente in der Praxis bei sachgemäßer Verwendung keine nachteilige Wirkung hervorgerufen hat.

Der Verein Deutscher Portlandzement-Fabrikanten stellt daher, gestützt auf vorstehende Ausführungen, bei dem Internationalen Verband für die Materialprüfungen der Technik den Antrag, nachstehende Resolution dem VI. Kongresse des Internationalen Verbandes in New York zur Prüfung und Annahme vorlegen zu wollen:

> „Der Kongreß empfiehlt, allgemein in den Lieferungsbedingungen für Portlandzement für alle Verwendungszwecke den zulässigen Höchstgehalt an SO_3 einheitlich, und zwar auf 2·5 v. H. festzusetzen."

Präsident Lesley: Der Antrag wird ordnungsgemäß dem Komitee für Anträge zukommen. Zu dem Bericht sind zwei schriftliche Diskussionsbeiträge eingelangt, einer von W. C. Hanna, der zweite von Bamber.

H. W. C. Hanna: Ich ziehe meinen Antrag zurück.

Digitized by Google

H. B. Blount verliest folgenden schriftlichen Beitrag des Herrn W. C. Bamber:

Es scheint mir nicht ratsam, die im Bericht $XVII_4$ beantragte Resolution anzunehmen, die im Gegensatze zu den Anschauungen der Ingenieure vieler Länder steht, welche nach sorgsamer Überprüfung dieses Gegenstandes es für richtig befunden haben, den maximalen Gehalt von SO_3 im Portlandzement mit niedrigeren Ziffern als der jetzt vorgeschlagene zu begrenzen, wie dies z. B. in den argentinischen Vorschriften der Fall ist, wo die Grenze mit 1·2% festgesetzt ist. Es scheint kein Grund für die Erhöhung dieser Grenze, da in der Zementfabrikation der verschiedenen Länder der Erde keine Schwierigkeiten vorhanden sind, welche dies rechtfertigen würden. Es dürfte also angezeigt sein, ohne Durchführung weiterer Versuche über diesen Antrag zur Tagesordnung überzugehen.

Es sei mir jedoch gestattet, die Fehlerhaftigkeit der aus den beschriebenen Versuchen erhaltenen Schlüsse nachzuweisen.

Zur Prüfung und zum Vergleich wurden zwei Zementproben verwendet, deren charakteristische Eigenschaften wie folgt angegeben sind:

	Probe S	Probe B
SO_3 Gehalt	1·19%	0·57%
Zugfestigkeit kg/cm²	28·2 %	20·20%
Druckfestigkeit kg/cm²	399·0 %	169·0 %
Rückstand auf dem 5000 Maschensieb	15·1 %	36·2 %
„ „ „ 900 „	2·0 %	7·8 %
Abbindezeit	nicht beobachtet	nicht beobachtet

Perzentuelle Zusammensetzung:

SiO_2	23·11	23·43
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	7·09	9·79
CaO	67·20	63·90
MgO	0·81	1·08
SO_3	1·19	0·57
Rest	0·60	1·23

Vorausgesetzt, daß diese Zemente unter der gewöhnlichen beschleunigten Probe raumbeständig sind (worüber sich in dem Bericht allerdings nichts vorfindet), ist es augenscheinlich, daß Probe S viel höhere Zug- und Druckfestigkeiten aufweist als Versuch B, und zwar aus folgenden Gründen:

1. Wegen ihres hohen CaO-Gehaltes;

Digitized by Google

2. wegen ihrer größeren Mahlfeinheit;

3. wegen ihres langsameren Abbindens als Probe B.

Es ist wohl bekannt, daß die Gegenwart von SO_3 die Abbindezeit des Portlandzementes verlängert. Probe S wird wohl wegen ihres hohen Kalk- und SO_3-Gehaltes ein langsamer bindender Zement gewesen sein, als der der Probe B. Des weiteren ist es bemerkenswert, daß, obgleich die Versuche mit einiger Sorgfalt ausgeführt wurden, über die Abbindezeit der Zemente nichts berichtet wird, trotzdem dieser Gegenstand einen schwerwiegenden Einfluß auf die Ergebnisse ausübt.

Die Ergebnisse der in Munkmarsch mit den zwei Zementen in ihrem ursprünglichen Zustande ausgeführten Vergleichsversuche (welche die Frage des SO_3-Gehaltes völlig vernachlässigen) würden ganz anders ausgefallen sein, wenn Probe B einen ähnlichen Prozentsatz an Kalkgehalt aufgewiesen sowie dieselbe Mahlfeinheit besessen hätte und wenn (aus diesem Grunde) sie nicht rascher bindend gewesen wäre wie S. Das gröbere Korn der Probe B wird, wenn auch die Gewichtsteile in den Betonmischungen dieselben waren, zur Folge haben, daß der Beton der Probe B viel weniger Zementeigenschaften besessen hat, als der mit der Probe S gemischte und dies, zusammen mit der größeren daraus resultierenden Porosität des Betons, wird den Beton der Probe B bei Einwirkung von Meerwasser stark zu ungunsten gegenüber dem Beton der Probe S beeinflußt haben. Es dürfte also ratsam erscheinen, die beschriebenen Versuche mit Zementen zu wiederholen, deren Eigenschaften näher bestimmt werden, damit die Möglichkeit einer Beeinflussung der Versuchsresultate durch andere Ursachen als den SO_3-Gehalt ausgeschaltet werden könne, was von den Ergebnissen der im Bericht $XVII_4$ angeführten Versuche nicht gesagt werden kann.

H. R. L. Humphrey: Die Frage nach dem SO_3-Gehalt im Portlandzement ist eine der strittigen Fragen, über die ich schon früher berichtet habe und mit der wir uns zur Zeit ebenfalls abquälen. Es scheinen Meinungsverschiedenheiten in den einzelnen Ländern über den SO_3-Gehalt im Portlandzement vorhanden zu sein. In unserem Lande setzt die Vorschrift als Grenze 1·75 fest. Wenn ich auch manchmal denke, daß diese Grenze zu niedrig sei, so sind anderenfalls 2·5% gewiß wieder zu hoch. Ich glaube jedoch, daß keiner von uns die richtige Höhe des Prozentsatzes kennt. Da ich aber glaube, daß der Internationale Verband eine Bestimmung über den SO_3-Gehalt treffen möge, stelle ich folgenden Antrag:

Digitized by Google

„Es wird eine Kommission eingesetzt, welche auf dem nächsten Kongreß über den erlaubten Prozentsatz von SO_3 im Portlandzement zu berichten hat."

Präsident Lesley läßt darüber abstimmen, ob der Antrag dem Resolutionskomitee zugewiesen werden soll. Nach Annahme eröffnet er die Diskussion.

H. R. Feret: Die Behandlung des Antrages des Vereines Deutscher Portlandzement-Fabrikanten auf Vereinheitlichung des maximalen zulässigen SO_3-Gehaltes in Portlandzement scheint mir hier unpassend. Seit der Gründung des Internationalen Verbandes war es Prinzip, daß der Verband seine Tätigkeit auf die Vereinheitlichung der Versuchsmethoden beschränken solle und daß die Festsetzung von Ziffern der Wahl der einzelnen Verbraucher anheimgestellt werden sollte.

Ich habe zum rein technischen Standpunkt nur einiges hinzuzufügen. Ich glaube, daß die Versuche, welche durchgeführt wurden und auf die sich der Verein Deutscher Portlandzement-Fabrikanten stützt, in diesem Falle nicht vollwertig sind, da die zwei verwendeten Zemente nicht vergleichsfähig waren, da der eine von sehr großer Feinheit war, während der andere einen großen Rückstand auf dem 4900-Maschensieb aufwies.

Andererseits wurde ein bestimmter Zement, der einen Gehalt von 2·5% schweflige Säure enthielt, als harmlos angesehen, was in manchen Fällen nicht immer der Fall sein wird. Es hängt von der chemischen Zusammensetzung ab. Denjenigen Zementen, welche einen starken Gehalt an Tonerde enthalten, kann man wahrscheinlich keinen sehr starken Beisatz von schwefliger Säure gestatten.

Präsident Lesley: Herr Foß, eines der ältesten Mitglieder des Verbandes, wünscht zu dem Antrage Ferets das Wort.

H. A. Foß: Ich halte es außerordentlich schädigend für unseren Verband, wenn wir uns darauf beschränken wollten, nur einheitliche Methoden zu finden. Ich sehe nicht ein, welches Interesse diese Proben haben sollten, wenn wir nicht mit diesen Proben einen bestimmten Zweck verfolgen. Das Interesse einer jeden Versuchsmethode liegt doch schließlich darin, daß bestimmte Zahlen gefunden werden und weshalb soll man unterscheiden zwischen den mechanischen Eigenschaften und zwischen den chemischen Eigenschaften, ganz besonders für ein Material, das sich ändert und sich während dieser Veränderung

Digitized by Google

chemisch sondert? Wir können die chemische Frage gar nicht übergehen.

Präsident bringt die Zuweisung des Antrages Feret an das Resolutionskomitee zur Abstimmung. (Wird angenommen.)

Präsident Lesley begrüßt den Vize-Präsidenten Herrn Professor Swain aus Boston, der gestern nicht in der Versammlung erscheinen konnte.

H. F. Schott: Die in manchen Prüfungsvorschriften aufgenommene Bestimmung eines geringen Schwefelsäuregehaltes für den im Seewasser zur Verwendung kommenden Zement ist offenbar aus der irrigen Annahme entstanden, daß die Zersetzung des Zementes im Seewasser hauptsächlich auf die Einwirkungen der Schwefelsäure im Seewasser zurückzuführen sei. Diese Annahme ist eine irrige, aber selbst wenn sie richtig wäre, müßte man sich doch sagen, daß gegenüber der ungeheuren Menge Schwefelsäure, die in den Salzen des Seewassers enthalten ist, es keinen Einfluß haben kann, wenn der Zement 1 oder 2% Schwefelsäure aufweist. Alle Versuche haben gezeigt, daß die Zerstörung des Zementes in Seewasser nicht durch die Schwefelsäure entsteht, sondern auf ganz andere chemische Prozesse zurückzuführen ist, hauptsächlich auf die Zersetzung des im Zement enthaltenen Kalkes durch die Magnesiasalze im Seewasser.

Die jetzige Bestimmung des geringen Schwefelsäuregehaltes ist für den Handel und die Fabrikanten erschwerend und lästig und es wäre wohl an der Zeit, daß diese Bestimmungen, weil sie auf einer irrigen Auffassung beruhen, aufgehoben werden.

Ich bin nicht der Ansicht des Herrn Feret, die Grenzen für die Tätigkeit des Kongresses so eng zu ziehen, sondern ich glaube, daß eine so wichtige Frage wie die Beständigkeit des Zementes im Seewasser, auch den Kongreß mitbeschäftigen sollte. Daher möchte ich den Antrag des Herrn Humphrey unterstützen, die Frage einer besonderen Kommission zu überweisen und ich möchte noch empfehlen, für diese Kommission Herren aus sämtlichen Ländern hinzu zu ziehen, die diese erschwerenden Bestimmungen in ihren Prüfungsvorschriften aufgenommen haben.

Dr. A. Dyckerhoff: Es war uns wohl bewußt, daß der Zement B ein grobgemahlener Zement war, aber daran war Herr Feret selbst schuld. Das Materialprüfungsamt hatte Herrn Feret gebeten, einen Zement zu schicken, wie er sich in Bologne für Seebauten als geeignet erwiesen habe. Herr Feret hat aber den Zement nicht geschickt,

Digitized by Google

sondern hat eine Fabrik ersucht, diesen Zement dem Materialprüfungsamt zugehen zu lassen. Mit diesem Zement, der für Seebauten besonders geeignet sein sollte, sind die Versuche angestellt worden.

H. R. Feret: Der Zement, den man an den Verein der Deutschen Portlandzement-Fabrikanten geschickt hatte, war derselbe, den man zu dieser Zeit in Frankreich nach den Bestimmungen französischer Lieferungen herstellte. Zu jener Zeit waren die französischen Behörden der Meinung, daß man für Seebauten grobgemahlene Zemente verwenden müsse. Jedermann war nicht dieser Ansicht. Ich besonders bin stets dieser Meinung entgegen getreten. Seit einiger Zeit ist man von dieser Ansicht abgegangen und die französischen Lieferungsbedingungen verlangen jetzt im Gegenteil einen feingemahlenen Zement. Es wurde wahrscheinlich ein Zement gesendet, der der offiziellen Type, die die Verwaltung damals forderte, entsprach.*)

Präsident Lesley bittet, da Vize-Präsident Herr Prof. Orton nicht anwesend ist, Herrn Vize-Präsidenten Prof. Swain, ihn zu vertreten, da er für einige Zeit der Sitzung fernbleiben muß.

H. Prof. G. F. Swain übernimmt den Vorsitz und bittet angesichts der glänzenden Leitung der Verhandlungen durch Herrn Lesley um Nachsicht. Den ersten Bericht der heutigen Tagesordnung bildet der Bericht über „Untersuchung des Einflusses der Mörtelzusammensetzung und der Qualität der Bausteine auf die Wetterbeständigkeit des Mauerwerkes" (XIX_3). Vorläufiger Bericht der Kommission 30, vorgelegt von Prof. J. A. v. d. Kloes.

(Der Bericht veröffentlicht den Fragebogen, der an die Mitglieder der Kommission versendet wurde und gibt eine Übersicht der zur Frage in Beziehung stehenden Arbeiten. Es wird eine Zusammenstellung der durchgeführten Analysen von Mörtel, Steinen und Mauerausschlägen zum Abdruck gebracht und aus den vorliegenden Arbeiten mehrere Schlüsse gezogen. Die Abblätterungen bei Mauern werden als Wirkung der Osmose erklärt und eine Beziehung zwischen dem Kalküberschuß im Mörtel und dem Entstehen von Ausschlag und Mauerfraß auf Bauten festgestellt, obgleich der Kalk an der Zusammensetzung des Ausschlages wenig oder gar keinen Anteil nimmt.)

H. P. Joosting legt den Bericht des H. Prof. v. d. Kloes vor.

---

*) Herr Feret teilt uns mit, daß er nach Rückkehr vom Kongreß den Brief des H. Präsidenten des Vereins Deutscher Portlandzement-Fabrikanten wiedergelesen hat und er stellt fest, daß von ihm keine besondere Qualität des zu sendenden Zements gefordert worden war; er war nur gebeten worden, zwei Faß Boulogner Zement „wenn möglich im Handel aufzukaufen". D. G. S.

Digitized by Google

Präsident Swain: Der nächste Bericht lautet: „Über den Einfluß fehlerhafter Mörtelmischung" (XIX_4) von Dr. Ing. A. Hambloch.

(Der Bericht bekämpft die von Herrn v. d. Kloes am Kopenhagener Kongreß vorgeschlagenen sandreichen Mörtel, weil sie zuviel Traß und zuviel Sand enthalten. Der Autor gibt eine Tabelle solcher Mischungen von Traß-, Kalk- und Traßzementmörtel, die für verschiedene Zwecke gute Bewährung versprechen. Der höchste Traßzusatz beträgt nur 1½ Raumteile. Die Zerstörung von Bausteinen beim Kölner Dombau ist nicht auf unrichtig zusammengesetzten Mörtel, sondern auf Einfluß von an schwefliger Säure reichen Rauchgasen zurück zu führen.)

H. Prof. A. v. d. Kloes (brieflich): Mit Bezug auf den Bericht des Herrn Dr. A. Hambloch teilt Prof. v. d. Kloes mit, daß die Meinungsunterschiede zwischen ihm und Herrn Hambloch großenteils nur relativer Art sind und daß es darum nicht ratsam erscheint, die köstliche Zeit des Kongresses mit Beratungen darüber zu verbrauchen.

Es werde ihm sehr leicht fallen, seinen Gegner gründlich zu widerlegen und er hofft dieses in nächster Zeit ausführlich in der Deutschen Töpfer- und Ziegler-Zeitung zu tun.

H. A. Poulsen: Herr Hambloch nimmt den Kieselsäuregehalt des Trasses mit 36% an. Ich glaube, ein so hoher Gehalt ist nicht der gewöhnliche. Herr Prof. Gary kann z. B. bestätigen, daß der für die Versuche im Meerwasser bei Sylt als normal gelieferte Traß nur 22½% Kieselsäure enthielt. In der von Dr. Hambloch gegebenen Tabelle von Mörteln angeblich guter Bewährung „die auch ein für Laien zutreffenderes Bild ergeben dürften", wie H. Hambloch schreibt, ist angeführt:

Für Hafenbauten	¾—1 m³	Traß	+	1 m³	Zement
„ Schleusen und Kanalbauten	¾—1 m³	„	+	1 m³	„
„ Kanalbauten	1½—1 m³	„	+	1 m³	„
„ Eisenbeton	½ m³	„	+	1 m³	„
„ Eisenbetonpfähle	½ m³	„	+	1 m³	„

Die Verschiedenheit der Mischungen für Wasserbauten ist mir unerklärlich. Was für den einen Fall im Wasserbau richtig ist, kann doch für andere Wasserbauten nicht falsch sein. Ich glaube die Erklärung für diese rätselhafte Differenz darin zu finden, daß man im Eisenbeton, besonders in Pfählen des Einrammens wegen, den Beton nicht so stark abschwächen darf, wie es in der richtigen Mischung, als die ich 1 m³ Traß + 1 m³ Zement betrachte, geschieht.

Digitized by Google

H. P. Wagner: Ich kann Herrn Poulsen Aufklärung geben. Herr Hambloch hat diejenigen Mörtel aufgeführt, die in der Praxis verwendet worden sind, und zwar an verschiedenen Baustellen. Diese Mischungen sind so getroffen worden, daß sie sich den jeweiligen Verhältnissen der betreffenden Baustellen anpaßten. Die verschiedenen Mischungen stützen sich daher auf Resultate von ausgeführten Bauwerken.

H. A. Poulsen: Ich glaube wohl, daß die verschiedenen Mischungen verwendet werden. Ich habe nur die Erklärung des Faktums gesucht. Die Erklärung ist, wie gesagt, zweifellos darin zu suchen, daß man die Festigkeit der Pfähle zu sehr schwächen würde, wenn man die Mischung in der vom chemischen Standpunkte wünschenswerten Weise herstellen würde.

Präsident Swain geht, da die Diskussion abgeschlossen erscheint, zum nächsten Bericht über: „Wetterbeständigkeit der Bausteine" (XIX_1). Bericht der Kommission 7, erstattet von Prof. A. Hanisch.

(Mit Rücksicht auf die günstigen Erfahrungen mit der Hirschwaldschen Methode der Prüfung von Bausteinen auf Wetterbeständigkeit beantragt der Berichterstatter, die Einführung dieser Prüfungsmethode den Laboratorien zu empfehlen und die von diesen mit ihr gemachten Erfahrungen der Kommission 7 bekanntzugeben. Dem Kommissionsbericht liegen vier Sonderberichte (von Prof. Dr. Oebbeke, von Prof. J. A. Grutterink, von J. Allen Howe und von Prof. A. Hanisch) bei, die eine eingehende Würdigung der Hirschwaldschen Methode enthalten.)

H. Prof. Dr. Hirschwald legt in Abwesenheit des Herrn Prof. Hanisch den Bericht vor, mit dem dem Kongreß folgender Antrag unterbreitet wird:

> „Der Kongreß wolle die in Rede stehende Prüfungsmethode der natürlichen Bausteine auf ihren Wetterbeständigkeitsgrad zur Einführung in die Materialprüfungsanstalten empfehlen und dieselben ersuchen, ihre mit dieser Methode gemachten Erfahrungen seinerzeit der Kommission mitzuteilen, damit diese, sobald genügende Erfahrungen vorliegen, einem späteren Kongreß wiederum Bericht über die festzusetzenden Normen für die Ausführung des betreffenden Prüfungsverfahrens vorzulegen vermag."

H. Prof. Hirschwald bemerkt hiezu: Es sei mir gestattet, hier in aller Kürze die Gründe darzulegen, welche die Kommission veranlaßt

Digitized by Google

haben, sich für die Einführung der in Rede stehenden Methode in die Praxis der Gesteinsprüfung zu entscheiden.

Die Notwendigkeit einer Ergänzung des bisherigen Prüfungsverfahrens der natürlichen Bausteine durch die Feststellung ihrer Wetterbeständigkeit bedarf keiner näheren Erörterung.

Für die Wetterbeständigkeitsprüfung der Gesteine sind aber bisher namentlich zwei grundsätzlich verschiedene Arten des Verfahrens in Vorschlag gebracht worden:

1. Die Methode der experimentellen Nachahmung der Verwitterung und

2. die empirische Prüfungsmethode, d. h. die systematische Feststellung derjenigen Eigenschaften der Gesteine, welche erfahrungsgemäß günstig oder ungünstig auf ihre Erhaltung einwirken.

Die erste Methode geht von der Annahme aus, daß die Verwitterung der Baugesteine im wesentlichen ein chemischer Vorgang sei, der durch Einwirkung chemischer Agentien auf das Gestein künstlich nachgebildet werden kann. Als solche Agentien sind experimentell verwendet worden Kohlensäure, die einen regelmäßigen Bestandteil der Luft bildet, und schweflige Säure wegen ihres Vorkommens in den Rauchgasen.

Um aber die Versuchszeit den praktischen Bedürfnissen anzupassen, müssen die chemischen Agentien in einer Konzentration verwendet werden, welche den Gehalt der Luft, bzw. der atmosphärischen Niederschläge um mehr als ein hundertfaches übersteigt. Nun ist es aber eine bekannte Tatsache, daß die Wirkungsweise flüssiger chemischer Agentien auf feste Körper sich sehr wesentlich ändert mit dem Grade der Konzentration und der Einwirkungszeit jener Zersetzungsmittel. Im allgemeinen ist jede schnell verlaufende chemische Zersetzung eines festen Körpers mit dem Zerfall desselben verbunden, während dieselbe Umwandlung, wenn sie durch lang dauernde Tätigkeit sehr schwach wirkender Agentien bewirkt wird, sich ohne jede Aufhebung des Zusammenhanges der festen Substanz vollziehen kann. Die Pseudomorphosen des Mineralreiches liefern hiefür zahlreiche Beispiele, und es kommt nicht selten vor, daß das pseudomorphe Produkt eine größere Festigkeit erlangt, als das ursprüngliche Mineral.

Die künstliche Nachahmung dieser chemischen Umwandlung liefert aber, soweit sie überhaupt möglich ist, fast ausnahmslos pulverförmige Zersetzungsprodukte. Daß die Gefügefestigkeit der Baugesteine, welche durch schnell wirkende chemische Agentien vollständig zerstört

Digitized by Google

wird, unter dem Einfluß der Atmosphärilien trotz erfolgter chemischer Veränderungen vollkommen erhalten werden kann, dafür ließen sich zahlreiche Beispiele anführen. Es sei hier nur an die Bildung äußerst fester, eisenschüssiger Rinden an manchen Sandsteinen erinnert sowie an die Umwandlung der Oberfläche von Kalkstein in festen Gips unter der Einwirkung von Rauchgasen.

Da hiernach die künstliche chemische Zersetzung und der natürliche Verwitterungsprozeß nicht notwendigerweise physikalisch gleiche Produkte liefern, so wird die experimentelle Nachahmung des natürlichen Vorganges im allgemeinen auch keinen sicheren Anhalt für die Beurteilung des Verlaufes der natürlichen Verwitterung gewähren können.

Überdies kommt aber in Betracht, daß der Verwitterungsprozeß der Baugesteine keineswegs als ein rein chemischer zu betrachten ist, ja daß die chemische Veränderung in der Regel nicht einmal die Hauptsache bei der Verwitterung der Baugesteine ist und daß also auch aus diesem Grunde jene Untersuchungsmethoden ihren Zweck nicht zu erfüllen vermögen.

Für viele Gesteine ist eine Zermürbung des Materials ohne namhafte chemische Veränderung lediglich durch Wassererweichung, durch Ausschlämmung des Bindemittels, durch langsame Frostwirkung und andere mechanische Agentien nachweisbar. Und wo zugleich eine chemische Veränderung stattfindet, da tritt sie in so komplizierter Weise in Wechselwirkung mit jenen mechanischen Faktoren der Verwitterung, daß an eine künstliche Nachahmung dieses Prozesses nicht wohl gedacht werden kann.

Unter Würdigung dieser Verhältnisse hat denn auch die Kommission davon Abstand genommen, eine derartige Methode der Gesteinsprüfung dem Kongreß in Vorschlag zu bringen.

Die zweite Untersuchungsmethode, welche als die empirische bezeichnet worden ist, beruht auf folgender Grundlage:

1. Wie alle sekundären Eigenschaften der Gesteine, so ist auch ihre Wetterbeständigkeit eine Funktion ihrer chemisch-mineralogischen Zusammensetzung, ihrer Struktur und ihrer Gefügefestigkeit.

2. Untersucht man eine genügend große Anzahl alter Baugesteine auf ihren Erhaltungszustand und andererseits auf alle jene Eigenschaften, welche diesen Erhaltungszustand bedingen, so läßt sich zwischen diesen beiden Beobachtungsreihen eine Relation feststellen, derart, daß die für die Widerstandsfähigkeit des Gesteins günstigen

Digitized by Google

oder ungünstigen Eigenschaften erkannt und nach dem Grade ihrer Geltung klassifiziert werden können.

3. Ist diese Relation festgestellt, so liefert die Bestimmung der betreffenden Eigenschaften des Gesteins auch einen auf Erfahrung gegründeten Anhalt für die Beurteilung seiner Wetterbeständigkeit und es wird diese Beurteilung umso zuverlässiger sein, je größer die Zahl der zur Feststellung der in der Relation benutzten Beobachtungsresultate ist.

Solche Untersuchungen sind an mehr als tausend aus den verschiedensten Gesteinen errichteten alten Bauwerken ausgeführt worden, und zwar unter Berücksichtigung der mikroskopischen Mineralzusammensetzung und Struktur des Gesteins, der besonderen Ausbildungsweise seiner Gemengteile, ihres etwa vorhandenen Verwitterungsgrades, der Porosität, der Art und Intensität der Kornbindung, der substantiellen Beschaffenheit des Bindemittels, der Wasseraufnahme unter gewöhnlichem Druck und im Kompressor, der Erweichbarkeit des Gesteins in Wasser und seiner Frostbeständigkeit. Hierbei wurden diese Untersuchungen sowohl an der äußeren Zersetzungsrinde des Gesteins, als auch an dem unveränderten Innern der Mauerquadern ausgeführt.

Auf diese Weise und unter Berücksichtigung des Fortschreitens der Veränderungen eines und desselben Gesteins an Bauwerken verschiedenen Alters, konnte eine ziffernmäßige Bewertung der einzelnen Gesteinseigenschaften ausgeführt werden. Die Summe dieser Wertziffern aber gibt einen Anhalt für die Beurteilung der Gesteinsqualität. Auf die Spezialien dieser Methode brauche ich nicht näher einzugehen, da sich die hierauf bezüglichen Berichte des Arbeitsausschusses der Kommission in Ihren Händen befinden. Nur das eine möchte ich noch hinzufügen, daß es sich hier im wesentlichen um eine Methode handelt, wie sie unserer gesamten Naturforschung zugrunde liegt, nämlich um die Verallgemeinerung solcher an zahlreichen Beispielen gewonnenen Erfahrungen. Eine Methode auf Grundlage dieses Prinzips ist aber nach Ansicht Ihrer Kommission allein imstande, den wissenschaftlichen Anforderungen auch in dem vorliegenden Falle gerecht zu werden.

In praktischer Hinsicht darf es als ein besonderer Vorteil dieses Prüfungsverfahrens bezeichnet werden, daß daselbe im wesentlichen mit den bisherigen Hilfsmitteln der Materialprüfungsanstalten auszuführen ist, unter alleiniger Ergänzung durch die mikroskopische Methode. Was die letztere für die Untersuchung anorganischer Produkte zu leisten vermag, ist jedem Fachmann bekannt und die wichtigen

Digitized by Google

Resultate, welche auf solche Weise bei der Untersuchung von Metallschliffen erzielt worden sind, haben diese Methode auch den technischen Kreisen nähergebracht. Auf dem Gebiete der wissenschaftlichen Gesteinsforschung hat das Mikroskop eine vollständige Umwälzung hervorgerufen; es ist das unentbehrliche Instrument des Petrographen geworden und bildet auch für die technische Gesteinsprüfung ein durch nichts zu ersetzendes Hilfsmittel. Aber die Mikroskopie der Gesteine ist ein besonderer, wohl ausgebauter Wissenschaftszweig geworden, wie dies ja auch für die Metallographie zutrifft, und deshalb ist es ein unbedingtes Erfordernis, daß die Materialprüfungsanstalten für die technische Gesteinsprüfung fachwissenschaftlich geschulte Petrographen anstellen, um ihre Arbeiten auf wissenschaftlicher Grundlage ausführen zu können.

Nach alledem erlaube ich mir, zu empfehlen, dem Antrage der Kommission zuzustimmen und damit den in Rede stehenden Zweig des Materialprüfungswesens einer den Bedürfnissen des Baugewerbes und der Steinbruchindustrie entsprechenden Ausgestaltung entgegenzuführen.

Präsident Swain: Sie haben den Antrag gehört. Ich eröffne hiermit die Diskussion. Es liegen einige schriftliche Diskussionsbeiträge vor.

H. Prof. A. Martens verliest nachstehenden, von ihm schriftlich eingebrachten Beitrag: Die vollständige Durcharbeitung des Hirschwaldschen Vorschlages durch die Kommission ist meines Erachtens eine notwendige Unterlage selbst dann, wenn der Kongreß etwa den bei ihm vertretenen Ländern empfehlen wollte, das Hirschwaldsche Verfahren von ihren Prüfämtern aufnehmen zu lassen.

Keine Landesverwaltung dürfte sich entschließen, ihre Anstalten dieser Empfehlung entsprechend anzuweisen, wenn sie nicht Aussicht auf positiven Erfolg erkennen kann. Diese Aussicht besteht aber zur Zeit noch nicht in ausreichendem Maße. Das ist meine Ansicht von der Sache.

Die Kommission wird sich bis zum nächsten Kongreß über die Sicherheit der Grundlagen des Verfahrens im Einzelnen auslassen müssen; sie wird nachweisen müssen, inwieweit zu erwarten ist, daß das Verfahren bei Wiederholungsprüfungen an der gleichen oder an mehreren Prüfstellen die gleichen Ergebnisse liefert und die gleichen Gesteinsproben in die gleiche Reihenfolge einzuordnen vermag. Bevor diese Aufgabe nicht gelöst ist, darf kein inter-

Digitized by Google

nationalen Kongreß erwarten, daß er durch allgemeine Abstimmung die Regierungen und die Materialprüfungsämter zur Einführung des neuen Verfahrens gewinnen wird. Es kann nicht erwartet werden, daß die Länder private oder öffentliche Mittel auf eine umfangreiche, wenig Aussicht auf Erfolg bietende Arbeit verwenden, solange die Anstalten durch ihre eigenen Aufgaben voll beansprucht sind.

Dazu kommt, wie ich schon sagte, die Unannehmbarkeit der Schlußsätze des ursprünglichen Antrages der Kommission 7. Es steht keinem internationalen Kongreß zu, über Normen von Baumaterialien einem Lande Vorschläge zu machen, solange diese Baumaterialien innerhalb des Landes gewonnen und verwendet werden. Erst wenn die Materialien auf dem Weltmarkte erscheinen, ist es an der Zeit, internationale Normen für ihre Beschaffenheit aufzustellen, und zwar auch nur dann, wenn sich ein Bedürfnis hiefür ergeben hat.

H. Prof. Gary verliest nachstehenden schriftlichen Beitrag von Prof. J. A. v. d. Kloes: Gegen die Einführung der Hirschwaldschen Methode der Prüfung natürlicher Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit als maßgebenden Versuch in die Materialprüfungsanstalten hat Prof. v. d. Kloes, Obmann der Kommission 50, einzuwenden, daß Hirschwalds System einseitig ist und seine Schlüsse nicht ganz in Übereinstimmung sind mit den späteren Wahrnehmungen der holländischen Mitglieder der Kommission.

Hirschwalds Werk „Die Prüfung der natürlichen Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit" ist eine Riesenarbeit, welche Bewunderung abzwingt; die Natur läßt sich aber nicht wie ein Dambrett in Quadrate verteilen und der erste und beste Beweis, daß sie sich nicht an der menschlichen Systematik stört, ist des Autors zweite große Arbeit „Die bautechnisch verwertbaren Gesteinsvorkommnisse des Preußischen Staates und einiger Nachbargebiete", eine Aneinanderreihung widersprechender Berichte aus der Praxis.

Die Vernachlässigung des Daseins anderer Ursachen der Gesteinsverwitterung, als die Temperatur-Unterschiede (im besonderen der Frost), die Lösung durch Wasser und der chemische Angriff (im besonderen infolge der schwefligen Säure der Rauchgase), stellt eine Lücke in Hirschwalds Arbeit dar, welche dringend Ausfüllung erfordert; v. d. Kloes hat schon gelegentlich des Kopenhagener Kongresses darauf hingewiesen.

H. Prof. Dr. W. Reinders, Delft, danken wir als Folge der durch v. d. Kloes' Dauerproben gegebenen Anregung einen Lichtstrahl in

Digitized by Google

dieser düsteren Frage: die Osmose als Gesteinszerstörerin. Diesen neuen Gesichtspunkt können wir nicht dringend genug der Aufmerksamkeit der gelehrten Forscher empfehlen.

Die von v. d. Kloes und v. d. Walten vorgenommenen Dauerproben sind noch nicht für die Veröffentlichung geeignet; sie geben aber schon zu der Vermutung Anlaß, daß diejenigen, welche sich in dieser Richtung zu bewegen geneigt sind, zu dem Beschluß kommen werden, daß nicht so sehr die Menge oder der Gesamtinhalt der Poren im Gestein, nebst dem Wasser, die Hauptursache der Verwitterung ist, sondern daß diese vor allem in deren Größenunterschied in Verbindung mit der Möglichkeit der Entstehung osmotischen Druckes liegt.

Mit Rücksicht darauf möchte sich Prof. v. d. Kloes einem voreiligen Gutheißen des Antrages der Kommission 7 entgegenstellen.

H. Prof. Schüle verliest den folgenden schriftlichen Beitrag des Prof. N. Belelubsky: Es erscheint wünschenswert, daß die Kommission 7 ihre Arbeiten fortsetze, um die auf den Konferenzen zu Dresden aufgestellte Methode der Frostbeständigkeitsprüfung zu revidieren, angesichts der Tatsache, daß die an den verschiedenen Laboratorien betätigte Frostbeständigkeitsprobe, wie aus den erhaltenen Antworten mehrerer solcher Laboratorien hervorgeht, in verschiedenen Punkten von dieser Methode abweicht.

H. Prof. Dr. Hirschwald: Meine Herren! So dankenswert es ist, daß die Aufmerksamkeit der Fachgenossen auf die Frage des Einflusses der Auslaugung gelenkt wurde, so ist doch nur von einer sehr eingehenden Untersuchung ein zufriedenstellendes Resultat zu erwarten. Die Gefahr, auf Abwege zu geraten, ist hier besonders groß, einmal, weil die Gesteine eine außerordentliche Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung aufweisen und demgemäß auch ein sehr verschiedenes Verhalten gegen die Auslaugungsprodukte des Mörtels zeigen werden, und zweitens, weil die natürliche Verwitterung der Gesteine durch die Atmosphärilien fast stets am Rande der Werkstücke, also an den Mörtelfugen, beginnt und es keineswegs leicht ist, festzustellen, ob hierbei auch die Mörtelsubstanz von irgend welchem Einfluß gewesen ist.

Die Auslaugungsprodukte des Traß- und Zementmörtels sind bekanntlich im wesentlichen Kalziumhydroxyd und meist nur in sehr geringem Maße Alkali- und Magnesiumsalze.

Auf gute Bausteine, namentlich solche mit kieseliger Kornbindung, vermögen diese Auslaugungsprodukte keinen nachteiligen Ein-

Digitized by Google

fluß auszuüben. Ich erinnere daran, daß man selbst aus Sandsteinen, wie sie bei uns im Neckartal und in den Vogesen vorkommen, für chemische Fabriken große Tröge herstellt, welche jahrelang für Säuren und alkalische Lösungen benutzt werden, ohne daß eine beträchtliche Zerstörung zu beobachten wäre.

Nur bei mittelmäßigen oder schlechten Bausteinen, mit erdigem oder lockerem, kalkigem Bindemittel, die an und für sich wenig wetterbeständig sind, vermögen die Auslaugungsprodukte des Mörtels den Verwitterungsprozeß zu beschleunigen.

Nun ist aber wohl zu beachten, daß gute Mörtel überhaupt keine beträchtlichen Auslaugungsprodukte liefern, oder doch nur in dem ersten Stadium des Abbindens.

Somit beschränkt sich also der fragliche Prozeß lediglich auf solche Fälle, in denen minderwertige Baugesteine mit schlechtem Mörtel verarbeitet werden.

Aber auch hier wird in jedem einzelnen Falle der direkte Nachweis geführt werden müssen, daß die beobachtete Verwitterung tatsächlich durch die Mörtelsubstanz bewirkt oder doch vergrößert worden ist.

Nur auf Grund in umfangreichem Maße ausgeführter wissenschaftlicher Untersuchungen werden sich allgemeine Schlußfolgerungen aufbauen lassen.

Zur Zeit dürfte das vorhandene Untersuchungsmaterial hierzu noch nicht ausreichend erscheinen und wir sollten nach meinem Dafürhalten uns darauf beschränken, die Kommission zu weiteren Studien in der betreffenden Richtung zu ermutigen.

H. Prof. A. Martens verweist nochmals auf die in seinem schriftlichen Diskussionsbeitrag gegebenen Gründe für eine Rückverweisung des Berichtes an die Kommission.

Präsident Swain: Es liegt somit ein Antrag sowie ein Gegenantrag vor. Es wird sich empfehlen, das ganze Material darüber dem Resolutionskomitee zu überweisen.

Zu dem auch im Drucke erschienenen Antrage des Herrn Prof. Martens (XXX_5) ist noch folgender schriftlicher Diskussionsbeitrag von Herrn Kaiser eingelangt:

H. Prof. Kaiser (schriftlicher Beitrag): Der Zeitpunkt für die Einführung einer allgemeinen Methodik in Bezug auf einheitliche Prüfung der Bausteine ist meiner Ansicht nach im Augenblicke auch von mineralogisch-geologischen Gesichtspunkten aus noch nicht gegeben. Wenn

Digitized by Google

ich auch anerkenne, daß in der von Herrn Geheimrat Hirschwald aufgestellten Methodik ein großer Teil von richtigen und wichtigen Grundlagen für eine zukünftige Wetterbeständigkeitsprüfung der Bausteine vorliegt, so muß doch betont werden, daß diese Methodik noch keine allgemeine Gültigkeit für sich in Anspruch nehmen kann, weil darin ein sehr wichtiger Faktor keine Berücksichtigung gefunden hat, nämlich die klimatisch verschieden wirkenden Verwitterungsvorgänge. Bei der großen Differenz in der Verwendung der Bausteine in der Großstadt gegenüber Kleinstadt und flachem Lande muß eine allgemeine Methodik der Wetterbeständigkeitsprüfung auch alle die verschiedenen Faktoren berücksichtigen, was die Hirschwaldsche Methodik zur Zeit noch nicht tut.

Ich schließe mich dem von Herrn Geheimrat Martens gestellten Gegenantrage in der Richtung an, daß zunächst das Verfahren Wiederholungsprüfungen an gleichen und vor allen Dingen an mehreren verschiedenen Prüfungsstellen unterworfen wird, um damit auch allgemein gültige Regeln für die zukünftige Wetterbeständigkeitsprüfung herbeizuführen.

H. J. Allen Howe: Der Vorschlag der Kommission läuft dahin hinaus, daß der von Hirschwald so weit entwickelte Versuchsplan sorgfältig geprüft werde und von verschiedenen Versuchsinstituten erprobt werden möge. Nur auf diese Weise könnte ein einheitlicher Vorgang und Zeitersparnis erreicht werden. Direktor Martens befindet sich in Irrtum, was die Nichtanwendbarkeit der Hirschwaldschen Methoden in verschiedenen Ländern anbelangt. Er scheint anzunehmen, daß diese nur im Deutschen Reiche in Gebrauch gezogen werden können. Das ist falsch, da die Hauptgrundsätze der Hirschwaldschen Prüfungsmethoden auf Wetterbeständigkeit einer allgemeinen Anwendung fähig sind. Die Grundlagen und Methoden wurden seinerzeit von Hirschwald als Prüfungsarten für Steine ohne Rücksicht auf ihre Herkunft erforscht. Die gegebenen Umrisse der Hirschwaldschen Methode ermöglichen es vor allem, die Wertung und den Vergleich derjenigen versteckten Eigenschaften der Steine, von denen die Wetterbeständigkeit in so großem Maße abhängt, durchzuführen, jene Eigenschaften, welche nicht immer durch Proben und Beobachtungen, welche mit den Erfahrungen der Wetterwirkung nicht in Beziehung stehen, erkannt werden können.

Präsident Swain stimmt sodann über die Zuweisung der beiden vorliegenden Anträge an das Resolutionskomitee ab. (Angenommen.)

Digitized by Google

H. Prof. Dr. F. Tannhäuser: Meine Herren, wenn ich auch ebenso wie Herr Geheimrat Hirschwald der Ansicht bin, daß die Einwände des Herrn Professors v. d. Kloes hinfällig sind, so möchte ich doch, um Irrtümern vorzubeugen, die folgenden Bemerkungen dazu machen:

Wenn Professor v. d. Kloes dem Hirschwaldschen Verfahren Einseitigkeit vorwirft, so ist das durchaus falsch. Es ist gerade der Vorzug der Hirschwaldschen Methode, daß sie nicht so einseitig ist, wie diejenigen, die bisher von den Materialprüfungsämtern ausgeführt worden sind. Sämtliche Punkte der Gesteinsprüfung, die auf wissenschaftlicher Grundlage beruhen, sind in dem Hirschwaldschen Verfahren berücksichtigt worden.

Wenn zweitens Herr v. d. Kloes glaubt, daß die Osmose uns neue Wege weisen werde, so ist er ebenfalls im Irrtum. Gerade in dem Hirschwaldschen Verfahren ist bereits darauf aufmerksam gemacht, daß nur die kleinen Poren infolge ihrer kapillaren Wirkung für die Einwirkungen des Frostes gefährlich sind, während die großen Poren ungefährlich sind, da sich das Eis ausdehnen kann und keine Druckwirkung auszuüben vermag.

Schließlich möchte ich noch ein treffendes Wort anführen, welches Herr Geheimrat Martens auf der letzten Versammlung des Deutschen Verbandes in Berlin aussprach, daß wir nämlich das Urteil in Fragen, von denen wir nichts verstehen, Fachleuten überlassen sollen. Und ich glaube, daß in dieser Frage Herr v. d. Kloes nicht zuständig ist.

Endlich bemerke ich noch zu den Einwänden des Herrn Martens, daß man bei der Nachprüfung zu verschiedenen Resultaten kommen könne, daß es für jeden Petrographen, der wissenschaftlich arbeiten kann, unbedingt klar ist, daß man mit dem Hirschwaldschen Verfahren wegen seiner Gründlichkeit, seiner Einfachheit und vor allen Dingen weil es auf wissenschaftlicher Grundlage beruht, ohne weiteres zu richtigen Resultaten kommen muß.

Ich mache mich anheischig, jede Gesteinsprobe durch eine einfache mikroskopische Untersuchung richtig zu bestimmen, allerdings mögen ganz geringe Abweichungen vorkommen, vielleicht von $^1/_3$ oder $^1/_2$ Qualitätsklasse. Derartige Fehlergrenzen sind aber bei jeder Methode erlaubt. Und was mir möglich ist, das wird auch Beamten der Materialprüfungsämter möglich sein.

Präsident Swain: Es folgt nunmehr der nächste Bericht, lautend „Die physikalische Prüfung von Schotter für Eisenbahngleisbettungen" (XIX_5) von A. T. Goldbeck und F. M. Jacksen.

Digitized by Google

(Über die physikalischen Eigenschaften des Bettungsmateriales existieren nur wenige Versuchsdaten. Die bedeutsamsten einschlägigen Versuche sind von dem Eisenbahndirektor Schubert in Deutschland ausgeführt worden. Der Bericht bespricht kurz die notwendigen Eigenschaften eines guten Bettungsmateriales und die Art ihrer Erprobung, wie sie in der U. S. Office of Public Roads (Straßenbauamt der amerikanischen Bundesregierung) zur Durchführung gelangt. Es folgt eine Beschreibung des Vorganges und der Einrichtungen zur Erprobung und Feststellung der Härte, Zähigkeit, Abnützung, des Verkittungswertes, spezifischen Gewichtes und der Druckfestigkeit sowie eine Zusammenstellung der Versuchsergebnisse und ihrer praktischen Auswertung.)

Sekretär Wilson legt den Bericht vor.

Präsident Swain: Da sich Niemand zum Worte meldet gehen wir zu dem folgenden Bericht der Tagesordnung; „Mitteilung über die Werkzeuge zur Prüfung von Pflastermaterialien" (XIX_2) von P. Labordère und F. Anstett.

(Der Bericht bespricht die Einrichtungen, welche die Materialprüfungsanstalt der Stadt Paris zur Prüfung der alljährlich zur Verwendung gelangenden 3 Millionen Pflastersteine besitzt. Die Einrichtungen zerfallen in Werkzeuge (eine schraubenförmige Bandsäge und eine Karborundum-Schleifmaschine) für die Zubereitung der Proben und Maschinen zu ihrer Prüfung. Hieher gehören eine 250 t-hydraulische Presse für Druck, eine Ramme mit einem 6 kg wiegenden Bären bei 5 cm bis 3 m betragende Fallhöhen für Schlagproben, eine gußeiserne Trommel mit wagrechter Drehachse für Abnützungsproben. Mit der Feststellung der Bedingungen für Schleifversuche befaßt sich die Anstalt noch.)

Sekretär Wilson legt den Bericht vor.

H. G. P. Goodrich: Es dürfte die Mitglieder des Kongresses interessieren, zu wissen, daß die Behörden der Stadt New York einen etwas verschiedenen Weg einschlagen, um auf experimentellem Weg die besten Granite zu finden, die sie bei ihren Beton-Straßenplatten verwenden. Nach einem eingehenden Studium des Problems wurde beschlossen, die Ergebnisse des heutigen Verkehres den Proben zugrundezulegen, da diese allein von wirklichem Werte sind. Es wurden daraufhin Anstalten getroffen, typische Pflasterstrecken, welche mit Material belegt waren, das aus über 40 verschiedenen Steinbrüchen stammte, auf einem Teil der verkehrsdichtesten Straßen anzulegen, wo der Verkehr so groß war, daß die Abnützung jetzt ungefähr einen Zoll pro Jahr an dem besten erhältlichen Granit beträgt. Nach Verlegung der Pflasterung wurde die Probestrecke beobachtet, die Verkehrsdichtheit gemessen und die Wirkung von Zeit zu Zeit an dem Granite selbst in bezug auf Härte, Abnützung usw. bestimmt. Gleichzeitig wurden parallel zu den Verkehrsproben ähnliche Laboratoriumsversuche ausgeführt.

Digitized by Google

H. R. W. Lesley übernimmt wieder den Vorsitz.

Präsident Lesley: Wir wollen nunmehr die beiden letzten Berichte, da sie denselben Gegenstand betreffen, gemeinsam vornehmen und diskutieren. Als erster kommt der Bericht „Einheitliche Prüfung hydraulischer Bindemittel mittels Prismen. — Normalsand." Bericht der Kommission 42, erstattet von Prof. F. Schüle ($XIII_1$) zur Behandlung.

(Am Brüsseler Kongreß machte der Berichterstatter den Vorschlag, zur einheitlichen, vergleichenden Prüfung hydraulischer Bindemittel die Festigkeitsbestimmung mittels Prismen von 4 × 4 × 16 cm aus plastischem Mörtel 1 : 3 zu verwenden, welche zuerst auf Biegung, sodann mit den Hälften der Probekörper auf Druck erprobt werden sollen. Der Sand, der zur Vergleichung der Resultate bei Verwendung anderer Sandsorten dienen soll, wäre der deutsche Normalsand von Freienwalde. Die seither in Deutschland, der Schweiz, in Frankreich und Rußland durchgeführten Versuche zeigten, daß die Methode nur unwichtige Änderungen erfordert und führten bezüglich des Normalsandes zu dem Antrage, daß jedes Laboratorium am Studium dieser Frage mitwirke durch gleichzeitige Untersuchung des eigenen Normalsandes im Vergleiche zum deutschen Normalsande. Der Berichterstatter widerspricht der Schlußfolgerung der ungarischen Kommission, wonach die Druckfestigkeit von der Art der Erzeugung und des Einstampfens unabhängig sei.)

H. Prof. Schüle gibt einen Auszug des Berichtes.

Präsident Lesley: Es folgt der Bericht „Prüfung der Festigkeit unter Benützung von Prismen, hergestellt aus plastischem Mörtel" ($XIII_2$) von Prof. M. Gary.

(Obgleich frühere Untersuchungen in Deutschland bereits gegen die Normenmörtelprüfung unter Verwendung plastischer Mörtel entschieden haben, wurden auf Grund der neuen Vorschläge Schüles und Ferets (in der Kommission 42) die Frage nochmals in Deutschland einer genauen Untersuchung unterzogen. Von 16 Mitgliedern eines besonderen Ausschusses wurden je vier Zemente untersucht, von denen zwei vom Materialprüfungsamt nach sorgfältiger Mischung als Durchschnittsproben an alle Mitglieder verteilt und von diesen gleichzeitig und gleichartig genau nach der Vorschrift Schüles geprüft. Der Vorschlag Schüles, die Mittelwerte aus den vier besten Ergebnissen von sechs Proben zu bilden, hat sich als unrichtig erwiesen, da sie nicht die Differenzen in den Resultaten verschiedener Prüfer zu überbrücken vermag. Die Druckprobe mit plastischem Mörtel zeigte größere Ungleichmäßigkeit in den Resultaten verschiedener Laboratorien als diese Probe mit erdfeucht eingestampftem Mörtel. Noch ungünstiger, nach dieser Richtung, stellte sich die Biegeprobe, so daß sie mit plastisch hergestellten Stäben als entscheidende Zementnormenprobe nicht zu empfehlen ist. Es besteht daher für Deutschland kein Grund, von dem bisherigen bewährten Verfahren der Prüfung von erdfeucht eingestampften Mörtelproben abzugehen.)

H. Prof. M. Gary legt den Bericht vor und sagt hierzu:

Digitized by Google

Wir haben den Vorschlag des Herrn Schüle, weil er uns sehr wichtig erschien, eingehend geprüft. Wir haben in Deutschland an 16 Versuchsstellen vier Zemente nach unserer alten Methode, durch das Einrammen trockenen Mörtels, und nach der neuerdings von Herrn Prof. Schüle in Vorschlag gebrachten Methode, mit plastisch eingefüllten Stäben, erprobt. Wir haben dabei gefunden, daß die neu vorgeschlagene Probe beträchtlich in bezug auf Zuverlässigkeit zurücksteht hinter unserer alten Probe. Wir sind deshalb zu der Ansicht gekommen, daß einstweilen für uns in Deutschland kein Bedürfnis besteht, von unserer alten Normenprobe, die sich auf die Einrammung des erdfeuchten Mörtels stützt, Abstand zu nehmen zugunsten einer Prüfung von plastischem Mörtel. Es mag sein, daß bei uns die Versuche mangels einer genauen Beschreibung darüber, wie die Proben herzustellen sind, besonders große Abweichungen ergeben haben, und wir sind deshalb gern bereit, wenn neue Vorschläge nach dieser Richtung hin gemacht werden, durch die die Methode genauer festgestellt werden kann, weiter mitzuarbeiten. Wir stehen nicht grundsätzlich auf einem ablehnenden Standpunkte, sind aber der Meinung, daß einstweilen die vorgeschlagene Probe nicht befriedigt. Es müßte weiter gesucht werden, und darin gehen wir vollständig parallel mit der Ansicht des Herrn Prof. Schüle.

H. Prof. F. Schüle: Für die Bestimmung eines Mittelwertes aus einer Reihe von sechs Versuchen sah die von mir empfohlene Methode der Prüfung plastischer Mörtel mittels Prismen zuerst die Ausscheidung der zwei schwächsten Ergebnisziffern vor, d. h. die Bildung des Mittelwertes aus den vier besten. Auf Verlangen einiger Mitglieder der Kommission wird jetzt das Mittel aus allen sechs Ziffern einer Serie genommen. Die Bemerkung, die in dem Berichte des Herrn Gary darüber enthalten ist, ist hinfällig geworden, da ich, wie aus dem Berichte hervorgeht, welchen ich über diese Frage vorgelegt habe, mit ihm übereinstimme.

H. Dr. E. Probst: Ich möchte auf eine Bemerkung des Herrn Prof. Gary zurückkommen, die dahin lautete, daß wir in Deutschland kein Bedürfnis hätten, von der heute üblichen Probe abzugehen. Soweit wir Ingenieure in Betracht kommen, die wir mit Beton- und Eisenbetonbauten beschäftigt sind, so glaube ich, daß wir doch das Bedürfnis haben, von den alten Proben abzugehen, und ich möchte nur widersprechen, damit Sie nicht glauben, daß die Ansicht des Herrn Prof. Gary in Deutschland allgemein sei.

Digitized by Google

Wir haben die Eignung des Materiales für den bestimmten Zweck zu prüfen, und wenn das für Beton und Eisenbeton geschehen soll, dann muß die Eignung des zugehörigen Materiales unter denselben Verhältnissen geprüft werden, die für das betreffende Bauwerk in Betracht kommen. Aus diesen Gründen würden wir es sehr begrüßen, wenn die Untersuchungen fortgesetzt würden, denn die Versuche des Herrn Prof. Gary halten wir nicht für ausreichend, um einen solchen Schluß zu rechtfertigen. Ich hoffe daher, daß bis zum nächsten Kongreß eingehende Versuche gemacht werden. Einen Beschluß brauchen wir ja nicht zu fassen, denn Herr Prof. Gary hat keinen dahingehenden Antrag gestellt; aber wir halten die weitere Prüfung der Frage für wünschenswert.

H. R. Feret: Da jedermann dafür ist, die Versuche über die Einführung plastischer Normalmörtel fortzusetzen, so habe ich zu dieser Frage nichts hinzuzufügen. Ich will indessen der Frage, über den Mittelwert aus den vier besten Festigkeitswerten, die man manchmal an Stelle der allgemeinen Mittelwerte in einigen Lieferungsbedingungen findet, etwas näher beleuchten. Es liegt auf der Hand, daß man bei der Erreichung wirklich exakter wissenschaftlicher Resultate den allgemeinen Mittelwert nehmen muß. Aber das Maß, das man in die Lieferungsbedingungen aufgenommen hat, hat den Zweck gehabt, jeden Einwurf von seiten der Fabrikanten zu verhindern. Denn wenn man z. B. einen Versuch mit Zement macht, kann es vorkommen, daß ein Ergebnis um mehr oder weniger gegenüber dem anderen geringer ist, und der Fabrikant reklamiert, indem er sagt, daß dieses Ergebnis eben schlecht war. Um jeder Streitigkeit über diesen Punkt auszuweichen, hat man in mehreren Lieferungsbedingungen und speziell in den französischen beigefügt, daß man die zwei schwächsten Versuchsergebnisse ausschaltet und dafür das Mittel aus den vier besten Resultaten nehme. Man hat nicht die Absicht, aus diesem Mittel ein genaues, wissenschaftliches Resultat zu erzielen, aber von dem Augenblick an, wo dieser Vorgang bei allen Versuchen verlangt wird, hat niemand Ursache, etwas einzuwenden.

Dr. E. G. Friedrich: Zu der Bedürfnisfrage, die von den Herren Gary und Probst aufgerollt worden ist, möchte ich meinen Standpunkt mit einigen Worten darlegen.

Es ist nicht bloß das Bedürfnis der Ingenieure, zu wissen, wie man Beton praktisch prüft, sondern es ist dies auch nötig vom Standpunkte der Baupolizei. Und dieses Interesse der Baupolizei ist um so

Digitized by Google

größer, als in Deutschland die Verwendung von plastischem Beton in den letzten Jahren derart gestiegen ist, daß wir unbedingt dazu Stellung nehmen müssen, um ehestens zu erfahren, wie die Sicherheitsverhältnisse bei der Verwendung von plastischem Beton sind. Ich erinnere an die Verwendung von plastischem Beton bei Decken mit schmalen Rippen, die jetzt in Deutschland in ungeheurem Maße fast ausschließlich gemacht werden, und wir sind, wenn wir die Sicherheitsfrage berühren, tatsächlich nicht in der Lage, zu beurteilen, wie die Sicherheitsverhältnisse sind, wenn wir die Prüfung nach dem jetzigen Verfahren der eingestampften Form vornehmen.

Wir müssen ein Verfahren haben, um in bestimmten Zahlen festzustellen, wie die Sicherheitsverhältnisse des Betons bei Verwendung von plastischem Material sind. Wir vom baupolizeilichen Standpunkt aus haben keine Ursache, diesen Beton als minderwertig zu bezeichnen, sondern wir begrüßen es, daß durch die Praxis festgestellt worden ist, daß sich der plastische Beton ein ebenso günstiges Verwendungsgebiet geschaffen hat wie der gestampfte Beton.

H. Prof. M. Gary: Die Herren Probst und Friedrich verwechseln die Prüfung von Mörtel und Beton mit der normmäßigen Prüfung von Zement. Bei den Proben, die wir vorgeschlagen haben, handelt es sich gar nicht um die Prüfung von plastischem Beton oder plastischem oder erdfeuchtem Mörtel, sondern um die vergleichende Erprobung von Zement nach bestimmten Normen.

Die Ansicht des Herrn Dr. Probst, das stelle ich hier ausdrücklich fest, ist die erste, die ich aus deutschem Munde zu hören bekomme, daß in Deutschland ein Bedürfnis bestehen solle nach einer anderen Prüfungsmethode der Zemente, nachdem wir an unserer bewährten Methode fast 40 Jahre gearbeitet haben, wobei wir von der Prüfung plastischer Normmörtel ausgingen. Ich bedaure, daß Herr Dr. Probst diese Ansicht hier zum erstenmale ausspricht und sie nicht erst in Deutschland zum Ausdrucke gebracht hat, wo wir uns über die Gründe hätten unterhalten können, weshalb man von der bisher in der deutschen Zementindustrie üblichen Methode nicht glaubt, abgehen zu sollen. Schon vor 40 Jahren haben wir versucht, Proben plastisch herzustellen, um die Eigenschaften des Zementes zu ermitteln — denn darum handelt es sich ganz allein — man ist aber aus guten Gründen, die Herrn Probst wahrscheinlich unbekannt sind, davon abgekommen.

Es tut mir leid, daß diese Frage hier aufgerollt worden ist, denn sie macht wieder den Eindruck der bereits fast sprichwörtlichen Un-

Digitized by Google

einigkeit der Deutschen. Darum möchte ich nochmals ausdrücklich feststellen, daß mir in Deutschland, was die Prüfung des Zementes anbelangt, noch von keiner Seite irgendwie bekanntgeworden ist, es bestehe der Wunsch, die bisherige normmäßige Prüfung des Zementes an erdfeucht eingerammtem Mörtel 1 : 3 zu verlassen und plastische Proben zur gegenseitigen Vergleichung der Zemente einzuführen.

H. Dr. E. Probst: Herr Professor Gary irrt sich, wenn er glaubt, daß ich die Prüfung von Beton mit der Prüfung von Zement verwechsle. Ich habe ausdrücklich erwähnt, daß es wünschenswert wäre, wenn der Zement so geprüft wird, wie es seiner Verwendung in der Praxis entspricht. Und wenn er es bedauert, daß ich hier zum erstenmale darüber spreche, so möchte ich sagen, daß ich bisher keine Gelegenheit hatte, diese Ansicht öffentlich zum Ausdrucke zu bringen.

Präsident Lesley: Da sich niemand mehr zum Worte meldet, möchte ich mir erlauben, auf eine Bemerkung zurückzukommen, die in dem Vortrag des Prof. Schüle enthalten ist. Herr Prof. Schüle bespricht die Tatsache, daß es in der ganzen Welt anerkannte Proben für Metalle gibt und keine solchen noch auch anerkannte Prüfverfahren für Beton. Seine Prismenmethode hat, wenn ich ihn recht verstanden habe, nicht den Zweck, die gewöhnlichen, jetzt üblichen Versuchsmethoden zu verdrängen, sondern einzig den, eine Normalmethode zu Vergleichszwecken in jedem Lande zu schaffen.

Seine Methode fußt auf dem Normalsand, nämlich dem deutschen Normalsand. Dieser oder ein anderer Normalsand, er ist jedenfalls gut, sofern er eben ein Normalsand ist. Prof. Schüle schlägt eine Normalform, und da noch immer Plastizität gewöhnlich im Gebrauche steht, eine Normalmethode vor, welche endlich zu den letzten Resultaten führen soll.

Nachdem ich dies vorausgeschickt habe, will ich folgendes bemerken: Jedes Materialteilchen, das an dem Baue, den Sie dort über der Straße sehen, verwendet wird, ist fähig, vor Verarbeitung auf dem Baue erprobt und geprüft zu werden. Jedermann kann den Sand, die Ziegel, den Zement und die Bruchsteine vorher prüfen. Alle diese Materialien unterliegen einer eigenen normalen Prüfungsmethode. Dasselbe ist vom Holze zu sagen. Alle diese bei dem Bau zur Verwendung gelangenden Materialien nun werden, ausgenommen der Beton, in ihrer schließlichen (letzten) Form entweder durch die Natur oder auf irgend eine Weise durch besondere Vorrichtungen erzeugt. Beim Ge-

Digitized by Google

brauch unseres Materiales, des Betons, hingegen wird der Bau selbst zur eigentlichen Erzeugungsstätte des Betons. Hier wird ein neues Material hergestellt. Deshalb können wir nie zu vorsichtig und nie streng genug sein, um auf irgend eine Weise eine Regelung anzustreben, die es ermöglicht, daß jeder Architekt und jeder Ingenieur in jedem Lande weiß, wie Beton sein soll und wie er den Erzeugungsvorgang auf der Baustelle, die später Hüterin von Leben und Eigentum wird, durchführen soll. Ich verlange daher, daß endlich eine einheitliche Herstellungsmethode dieses Materiales, das erst am Platze selbst erzeugt wird, geschaffen wird. Zweitens daß bei Beratung dieser Frage wenn möglich eine Probe festgelegt wird, die nicht auf Prüfung von Prismen, sondern auf der von größeren Betonteilen besteht, so daß jeder Ingenieur und jeder Architekt, welchen Vorschriften, sei es in Amerika, Europa, Asien oder Afrika, er auch immer untersteht, weiß, was von seinem Werke verlangt wird und jeder seiner Pflicht als Architekt und Ingenieur der Allgemeinheit gegenüber durch eingehende Beaufsichtigung und Verwendung solcher Materialien, welche die Güte der durch Beobachtung der Vorschrift an der Baustelle selbst erzeugten Teile gewährleisten, immer nachkommen kann.

Präsident Lesley schließt die Sitzung, deren Programm zu Ende geführt ist, und dankt den Mitgliedern für ihr zeitliches Erscheinen und die rege Teilnahme.

Die Sitzung wird auf Freitag vertagt.

Freitag, den 6. September 1912, vormittags.

Der Präsident Lesley eröffnet um 9 Uhr 30 Minuten die Sitzung. Er weist auf die vorgerückte Stunde hin, die vielen eine beschleunigte Behandlung der Tagesordnung wünschenswert erscheinen läßt. Den ersten Gegenstand der Erörterung bilden die Berichte von V. J. P. de Blocq Kuffeler, W. Czarnomski und Lombard und Deforge, die sich sämtlich auf die Frage der Einwirkung von Seewasser auf Zement und Beton beziehen. Er beantragt daher, deren Diskussion gemeinsam durchzuführen. (Zustimmung.)

Präsident Lesley: Wir wollen nunmehr den ersten Bericht vornehmen: „Über die Einwirkung von Meerwasser auf Eisenbeton" ($XVII_3$) von V. J. P. de Blocq van Kuffeler.

Digitized by Google

(Der Bericht gibt einen Überblick über die mit der Anwendung von Eisenbeton bei Meeresbauten in Holland gemachten Erfahrungen, die mit den an Versuchen der deutschen Sonderkommission auf Sylt und des kgl. Materialprüfungsamtes in Lichterfelde gewonnenen Resultaten gut übereinstimmen. Der Autor hält die Beachtung folgender Regeln für notwendig:

1. Man verwende bloß künstlichen Zement, und zwar langsambindenden Portlandzement ausgezeichneter Beschaffenheit. Die Erhärtung muß eine sehr gleichmäßige sein.

2. Die Aufbereitung der Rohstoffe ebenso wie das Stampfen des Betons in den Schalungsformen, welche dicht und stark sein müssen, geschehe mit möglichst großer Sorgfalt.

3. Die Anwendung von Traß (oder von Puzzolanen) ist vorzuziehen.

4. Der Beton muß dicht sein und das Mischungsverhältnis des Mörtels darf nicht magerer gewählt werden, als 1 Teil Zement, ½ Teil Traß und 3 Teile Sand oder 1 Teil Zement und 1½ Teile Sand.

5. Falls der Beton an feuchter Luft abbinden kann, bevor er an Ort und Stelle gebracht wird, vergrößert dies den Widerstand gegen den Angriff des Meerwassers. Andernfalls ist ein fetteres Mischungsverhältnis zu wählen.)

Der Sekretär Wilson gibt einen Auszug des Berichtes.

Präsident Lesley: Da Herr Prof. Belelubsky, der den Bericht Czarnomskis vorlegen will, noch nicht anwesend ist, wollen wir vorerst den Bericht von Lombard und Deforge über „Die Einwirkung des Meerwassers auf die hydraulischen Bindemittel (Versuche aus dem Laboratorium zu La Rochelle)" ($XVII_2$) in Behandlung nehmen.

(Die Autoren berichten über die seit 1852 an verschiedenen Versuchsblöcken — von denen die 3 von Vicat hergestellten, 52 Jahre alten Blöcke sich in vollkommen gutem Zustande befinden — im Hafen zu La Rochelle gemachten Beobachtungen und über die Folgerungen, welche die verschiedenen Forscher aus ihnen gezogen haben. Die Zahl der Versuchsblöcke betrug im Jahre 1911: 319, die jährliche Prüfung zeigt, daß sich die Portlandzemente je nach Zusammensetzung verschieden verändern. Bei sehr kalkreichem Zement dehnt sich der Block aus und wird rissig ohne chemische Auflösung. Bei angemessenem Kalkgehalt des Zementes zerfällt der Block ohne merkliche Volumvergrößerung. Zu gering kalkhaltiger Zement zerreißt unter chemischer Zersetzung. Bei leichten hydraulischen Kalken beginnt die Veränderung nach 2—3 Jahren, bei schwereren nach 4—7 Jahren. Schnellbindende Zemente zerfielen nach einer Versenkungsdauer von 11—19 Jahren, die langsambindenden zeigen nach 29 Jahren noch keine Zerstörungserscheinungen. Portlandzement verdient unter den hydraulischen Bindemitteln den Vorzug vor anderen. Reicher Zementzusatz ist zu empfehlen.)

Sekretär Wilson legt in Abwesenheit der beiden Autoren den Bericht vor und gibt einen kurzen Auszug.

Präsident Lesley geht sodann zum Bericht „Untersuchung des Zustandes der im baltischen Meere im Hafen von

Digitized by Google

Libau versenkten Versuchs- und Baublöcke" ($XVII_1$) von W. Czarnomski über.

(Im Jahre 1905 wurden die im Hafen zu Libau in den Jahren 1891 (4 Mauerwerks- und 4 Betonblöcke) und 1898 (7 Mauerwerksblöcke) versenkten Probeblöcke gesprengt und äußerlich sowie innerlich bezüglich der Wirkung des Meerwassers geprüft. Alle waren in gutem Zustande, zeigten jedoch alle Veränderungen infolge der Meerwasserwirkung. Die chemische Analyse der Bruchstücke ergab Abnahme des Kalk- und Zunahme des Magnesia- und Schwefelsäuregehaltes. Der Mörtel der Betonblöcke wies größere Veränderungen auf als der der Mauerwerksblöcke. Ein Unterschied in der Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Zemente konnte nicht gefunden werden. Die Untersuchung der noch versenkt gebliebenen Blöcke des Jahres 1898, die im Jahre 1918 erfolgen wird, dürfte weitere Aufschlüsse geben.)

H. Prof. N. Belelubsky legt den Bericht vor und bemerkt hierzu, daß gegenwärtig ein großer Hafen zu Tonapse am Schwarzen Meere im Bau sei, bei dem man sich zum erstenmal zur Benützung eines mit Puzzolan gemischten Mörtels für die Betonmassivbauten entschlossen hat. Man habe in letzter Zeit gute Erfahrungen mit einem Puzzolan aus der Krim gemacht, der ähnliche Eigenschaften wie der römische Puzzolan besitzt. Da die erwähnten Hafenarbeiten in einem Meerwasser erfolgen, das viel salzhaltiger ist als das des baltischen Meeres, werden genaue Studien über die Wirkung angestellt werden.

Präsident Lesley: Zu den von der Sektion B zu behandelnden Fragen gehört noch ein wichtiger Bericht, der wohl in der Sektion C behandelt wurde, aber durch den darin enthaltenen Antrag auch zu unseren Sektionsverhandlungen in Beziehung ist. Es ist dies der Bericht über „Feuersicherheit von Beton und Eisenbeton" von Edw. O. Sachs. Dieser Antrag, der mit den übrigen Anträgen dem Resolutionskomitee zugewiesen werden soll, bezieht sich auf Gewinnung zuverlässiger Unterlagen bezüglich des Verlustes an Festigkeit während und nach der Erhitzung, bezüglich des Wertes verschiedener Zuschlagstoffe und verschiedener Mischungsverhältnisse zwischen Portlandzement und den Zuschlagstoffen, sowie der Arten der Bewehrung. Zum Schluß wird beantragt, daß der Vorstand des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik einen Unterausschuß unter Gruppe B (Zement, Beton usw.) einsetze mit dem Auftrage, alle Fragen zu behandeln, die sich aus dem Vorerwähnten ergeben und unter der Bezeichnung „Unterausschuß für die Feuersicherheit von Beton und Eisenbeton". Dieser Ausschuß wird ersucht, auf dem nächsten Kongreß Bericht zu erstatten.

Digitized by Google

Herr A. Poulsen verliest selbst folgenden schriftlichen Beitrag:

In meiner den Mitgliedern des V. Kongresses vorgelegten Broschüre „Zement im Meerwasser" habe ich die Ergebnisse kurz zusammengefaßt, die bei den von der Vereinigung der skandinavischen Portlandzement-Fabrikanten im Jahre 1896 vorgenommenen Vergleichsproben mit Würfeln aus Mörtel und Betonblöcken gewonnen worden waren. Im Jahre 1909 wurden die Ergebnisse der 10jährigen Versuche über Mörtel veröffentlicht. Gerade heuer wurden die 15 Jahre alten Probestücke von ihren Versuchsplätzen Esbjerg (an der dänischen Nordseeküste) und Vardo (Norwegen im arktischen Meer) entnommen. Die Druckproben mit den Mörtelwürfeln haben jedoch erst in der staatlichen Materialprüfungsanstalt zu Kopenhagen begonnen, so daß noch keine neuen Resultate vorliegen.

Die Betonblöcke, die zu Thyborón (an der dänischen Nordseeküste) versenkt wurden, sind im Sommer 1912 untersucht worden. Dem Aussehen nach haben diese Probeblöcke in den letzten drei Jahren nur wenig gelitten und können bis zu einem gewissen Grade als von besserer Qualität bezeichnet werden, als im Jahre 1909 angenommen wurde, insofern als sich die im Anhang 10 des genannten Berichtes (1909) erwähnten kleinen Mängel in vielen der Blöcke nicht weiterentwickelt haben.

Einige jedoch der damals am meisten angegriffenen Blöcke waren jetzt vollkommen zerstört, und zwar die Blöcke Nr. 12, 25, 26, 33, 51 und 71, die im Anhange 10 (1909) wie folgt spezifiziert waren:

Nr. 12	„Nine Elms" P. C.	1:3	Eingesetzt	im Jahre	1897	bis zum 8. Teil zerstört
„ 25	$^4/_6$ C + $^1/_6$ M + $^1/_6$ F	1:2	„	„ „	1897	Ausblühung. u. kl. Risse
„ 26	$^4/_6$ C + $^2/_6$ F	1:2	„	„ „	1897	Beginn der Zerstörung
„ 33	$^3/_6$ C + $^3/_6$ F	1:3	„	„ „	1897	Risse u. Ausblühungen
„ 51	„Cimbria" P. C.	1:3	„	„ „	1897	Querrisse
„ 71	Schlackenzement.	1:2	„	„ „	1900	Risse

Die Bruchstücke dieser 6 Blöcke sind nun aus der Versuchsbuhne herausgenommen.

H. R. Feret verliest folgenden Beitrag von H. Nivet.

H. A. N. Nivet (schriftlicher Beitrag): Im Berichte $XVII_2$ findet sich folgende Stelle:

„Vor einigen Jahren hat man aus wirtschaftlichen Rücksichten „empfohlen, außen Verkleidungen aus Zementmauerwerk, im Innern „dagegen Füllmauerwerk aus hydraulischem Kalkmörtel zu verwenden. „Dies hat jedoch zu großen Unzuträglichkeiten Anlaß gegeben. Zahl-

Digitized by Google

„reiche Kaimauern, die seit weniger als 20 Jahren in dem Departement „Charente-Inférieure nach dieser Methode gebaut worden sind, haben „heute ihren Mörtel im Zustande der Zersetzung.

„Wir denken, daß der gesamte Baukörper gleichmäßig her„gestellt werden soll unter Verwendung von Mörteln derselben Art „und derselben Mischung."

Man hat in den allein sichtbaren Verkleidungen aus Zementmauerwerk Zerstörungserscheinungen festgestellt. Hat man sich aber auch überzeugt, ob die hydraulischen Kalkmörtel im Innern ebenfalls zerstört waren? Der Bericht gibt darüber keinen Aufschluß.

Die Zerstörung hat vor allem ihren Grund in den nicht entsprechenden Mischungsverhältnissen und es ist möglich, daß das Kalkmauerwerk, mit einer fetteren Mischung angemacht, mehr Widerstand geleistet hätte, als das Zementmauerwerk.

In einem Hafen von Nordfrankreich, dessen Kaimauern mit Verkleidungen aus Zementmauerwerk ausgestattet waren, hat man gefunden, daß hinter der Zementverkleidung das Mauerwerk aus Tournaikalk vollkommen intakt war.

Diese Betrachtungen veranlassen mich, für das Mischungsverhältnis der Mörtel eine einfache Formel vorzuschlagen.

Ist D das Litergewicht, lose geschüttet, von Kalk oder Zement, so braucht man auf den Kubikmeter ein Sandgewicht von 700 D oder 800 D, je nachdem die Korngröße des Sandes verschieden oder regelmäßig ist.

Ein Liter lose geschüttet gibt ungefähr 0·5 Liter plastischen Mörtels. Die daraus gerechneten Gewichte ergeben ungefähr 350 bis 400 Liter Mörtel.

Wenn sich die Eisenbetonpfähle bis jetzt im Meerwasser gut gehalten zu haben scheinen, so liegt der Grund darin, daß man reichere Mischungen für sie verwendet, die ungefähr den Formeln 795 D oder 910 D entsprechen, wenn man das Zementgewicht mit 1,100 kg pro Kubikmeter voraussetzt. Diese so wichtige Frage nach dem Mischungsverhältnis scheint durch den Internationalen Verband vernachlässigt zu werden. Es wäre gut, sie auf die Tagesordnung zu bringen.

H. W. C. Hanna verliest über Aufforderung des Präsidenten die folgenden Diskussionsbeiträge:

1. Zum Bericht von V. J. P. de Blocq van Kuffeler: Ich habe beobachtet, daß Beschädigungen im Meerwasser entweder durch schlechte Konstruktion, durch mechanische Abnützung oder durch einen

Digitized by Google

schlechten Zement verursacht wurden. Ich kenne Ausführungen, die mit normalen hochgradigen Portlandzementen erfolgten und vollkommen befriedigen. Ich bin deshalb gegen den Gebrauch von Tuffbeimengungen. Wo Beschädigungen von Beton in Seewasser aufgetreten sind, können sicherlich hierfür Gründe angegeben werden, ohne den Portlandzement als Ganzes hierfür verantwortlich zu machen. Um nur guten Zement für diese Klasse von Arbeiten zur Benützung heranziehen zu können, wäre es sehr gut, strengere Vorschriften zu haben.

2. Zum Bericht von W. Czarnomski: Würden die in diesen Blöcken enthaltenen Zemente der heutigen Druckkochprobe standhalten und unverändert bleiben? Wahrscheinlich würde der im Jahre 1891 und 1898 verarbeitete Zement den heutigen Vorschriften nicht entsprechen.

H. Prof. N. Belelubsky: Zu der Zeit, als die Libau-Blöcke vorbereitet wurden, befand sich die Zementprüfung auf demselben Stande wie jetzt. Namentlich gab es damals keinen Unterschied gegenüber den heutigen Vorschriften bezüglich Übernahme der Zemente für Eisenbahn-, Hafen- oder gewöhnliche Bauten. In der vorliegenden Beschreibung ist nun enthalten, wie der Zement geprüft wurde. Und da die Prüfungen stets in den offiziellen Laboratorien vorgenommen werden, werden sie in der Regel noch strenger sein, als vorgeschrieben ist. Obgleich wir z. B. in den Vorschriften keine Bedingung haben, daß die Kochprobe vorgenommen werden soll, machen wir diese Probe doch stets bei allen Prüfungen, die unser Laboratorium seit 1881 angestellt hat. Wenn das Material die Kochprobe nicht aushält, haben wir wohl kein Recht, den Zement zurückzuweisen, aber wir schreiben sofort einen Beschwerdebrief an die betreffende Fabrik.

H. Prof. Belelubsky legt die neuen, nach den Änderungen des letzten Kongresses richtiggestellten Bedingnishefte Rußlands in deutscher Sprache auf den Tisch des Präsidenten.

Präsident Lesley: Es ist hier eine schriftliche Diskussion des H. Duryee. Ich möchte jedoch Herrn Duryee bitten, sich so kurz als möglich zu fassen, da die Zeit drängt.

H. E. Duryee: In Beziehung zur Diatomeenerde.....

Präsident Lesley ersucht den Redner, zur Sache zu sprechen. Die Frage der Diatomeenerde war Gegenstand eines anderen Verhandlungstages. Das jetzige Verhandlungsthema ist Zement im Seewasser. Ich kann nur eine auf dieses Thema bezügliche Diskussion zulassen.

Digitized by Google

H. E. Duryee: In Verbindung mit den modernen Zementarten erfährt der gewöhnliche Portlandzement bei konzentrierter Seewasserlagerung gewöhnlich schon nach sechs Monaten eine Verschlechterung. Im Gegensatze dazu zeigen Puzzolanzementmörtel bei den Versuchen in Seewasser eine bedeutendere Zunahme an Festigkeit als bei Lagerung in Frischwasser, wodurch sie ihre Überlegenheit für Seebauten erweisen.

(H. E. Duryee gibt hierauf einen Auszug seines schriftlichen Diskussionsbeitrages, wird jedoch nach fünf Minuten vom Präsidenten unterbrochen, da der Beitrag mit der Frage Zement in Seewasser nicht in Beziehung steht und er als Präsident strenge darauf sehen müsse, daß die Grenzen der Verhandlung eingehalten werden. Der Präsident macht noch aufmerksam, daß er auch die Veröffentlichung jener Beiträge, die nicht zum Thema der Diskussion gehören, nicht zulassen könne.)

Präsident Lesley: Dr. Friedrich wünscht eine schriftliche Diskussion vorzulegen, sie ist aber noch nicht fertiggestellt. Sobald dies geschehen ist, wird sie in der üblichen Weise vom Sekretär zur Kenntnis gebracht werden. Ich eröffne nunmehr die mündliche Diskussion.

H. A. Foß: Ich möchte nur eine ganz kurze Bemerkung machen bezüglich der Versuche, die im Hafen von Libau stattgefunden haben. Diese Versuche haben meines Erachtens nur ein geringes Interesse, weil bekanntlich das Wasser der Ostsee sehr wenig Salz enthält, im Hafen von Libau vielleicht nur 1% oder noch weniger. Das bedeutet, daß die betreffenden Versuche, um ein richtiges Bild zu geben, nicht auf 20 Jahre, sondern auf 50—60 Jahre erstreckt werden müßten. Von viel größerem Interesse würde es sein, wenn wir die russischen Erfahrungen im Schwarzen Meer zur Kenntnis erhalten könnten, wo der Salzgehalt wohl 3—4% beträgt; bei Konstantinopel ist er z. B. 4%.

H. Dr. F. Müller: Die umfangreichen Versuche, die die Meerwasser-Kommission des Vereines deutscher Portlandzement-Fabrikanten auf Sylt angestellt hat, haben zu der Überzeugung geführt, daß die Betonkörper, die möglichst dicht sind, d. h. aus möglichst fettem Mörtel hergestellt sind, die größte Widerstandsfähigkeit gegen Seewasser zeigen. Es sind aus diesem Grunde momentan große Versuche sowohl mit Eisenbeton als auch mit Betonkörpern im Gange, bei denen möglichst fette Mörtel Verwendung finden sollen. Wir hoffen, auf dem nächsten Kongreß über diese Versuche berichten zu können, ebenso wie wir über die ersten Versuche bereits in Kopenhagen einen eingehenden Bericht dem Kongreß eingereicht haben.

Digitized by Google

Die Tatsache, daß die Zerstörungen an Betonkörpern in Seewasser zum großen Teile dadurch hervorgerufen werden, daß ein Teil des Kalkes im Betonkörper, bzw., im Zement durch Magnesia ersetzt wird, ist bereits vor Jahren durch das Laboratorium des Vereines deutscher Portlandzement-Fabrikanten nachgewiesen. Die Angriffe des Meerwassers sind in diesem Falle um so größer, je poröser die Betonstücke sind.

Auf dieser neuen Erkenntnis bauen sich unsere neuen Versuche mit dichten Mörteln auf.

H. Prof. N. Belelubsky: Ich möchte auf die Bemerkung des Herrn Müller erwidern, daß wir in Rußland alle zur Verwendung gelangenden Zemente einer chemischen Analyse unterziehen. Die Zusammenstellung der Analysen und Prüfungsergebnisse wurde dem letzten russischen Zement-Kongreß, der im März dieses Jahres in Moskau tagte, vorgelegt.

Bei dieser Gelegenheit will ich nur erwähnen, daß alle russischen Zemente nur einen ganz geringen Magnesia-Gehalt aufweisen, nicht mehr als $1-1\frac{1}{2}\%$. Die russischen Zemente sind in dieser Beziehung sehr rein. Es wurde wohl immer die Forderung gestellt, daß der Magnesia-Gehalt nicht mehr als 3% betragen dürfe, indessen wiesen die Analysen des Chemischen Laboratoriums des kaiserlichen Wegebau-Institutes in Petersburg nie diesen Höchstgehalt auf.

Was die Versuche im Schwarzen Meere betrifft, die Herr Foß erwähnte, so erinnere ich daran, daß wir schon auf dem Kopenhagener Kongreß über die erzielten Erfolge und Resultate berichtet haben, zu welcher Zeit die Blöcke 15 und 20 Jahre im Schwarzen Meere gelagert hatten, und zwar in Odessa, Batum, Jalta u. a. Im Polytechnikum zu Petersburg werden 36 Gläser aufbewahrt mit Flüssigkeiten, die offiziell aus allen diesen Blöcken entnommen worden sind. Es handelt sich hier, wie ich glaube, um ganz gleiche Auslaugungsflüssigkeiten, wie sie der verstorbene Professor Schoulatschenko und der französische Ingenieur Feret in Boulogne-sur-Mer bei ihren Versuchen durch Zerschlagen der Blöcke gewonnen und festgestellt haben.

H. Cl. M. Chapman: Ich möchte gerne an die Verfasser der drei Berichte über die Einwirkung des Seewassers auf Beton die Frage richten, ob sie nicht am Schlusse ihrer Vorschläge die wichtigsten Maßregeln anführen wollten, und zwar sowohl der Qualität als der Quantität nach, die zur Verbesserung des Widerstandes gegen den Angriff des Meerwassers ergriffen werden sollen.

Digitized by Google

Präsident Lesley schließt hierauf die Diskussion. Bevor er jedoch zum nächsten Bericht übergeht, bringt er den auf die Feuerfestigkeit des Betons Bezug habenden Antrag des Herrn Edw. O. Sachs, bzw. dessen Zuweisung ans Resolutionskomitee zur Abstimmung. (Angenommen.)

Präsident Lesley: Der nächste Bericht der heutigen Tagesordnung lautet: „Wasserdichter Beton" (XX_2) von A. Grittner.

(Der Autor hat verschiedene Mittel zur Herstellung wasserdichten Betons wie die Fluate und besondere unter den Namen „Biber" und „Aquabar" erhältliche Stoffe verwendet. Er kommt zu dem Schluß, daß wasserdichter Beton wohl durch Fluatisierung hergestellt werden kann, aber daß das Verfahren zu viel Arbeit und Zeit erfordert, dagegen kann man einen jeder Anforderung entsprechenden wasserdichten Beton durch Anwendung 8%iger Kaliseifelösung erhalten.)

Präsident Lesley entschuldigt die Abwesenheit des amerikanischen Vizepräsidenten Herrn Orton, der durch Obliegenheiten am chemischen Kongresse leider am Erscheinen gehindert ist. Er ladet, da Herr Grittner nicht hier ist, den Sekretär ein, dessen Bericht vorzulegen.

Sekretär Wilson gibt einen kurzen Auszug des Grittnerschen Berichtes.

Präsident Lesley schlägt vor, anschließend den Bericht Bieds über „Porosität der Mörtel" ($XVII_6$) anzuhören und die Diskussion über beide Berichte gleichzeitig vorzunehmen. (Zustimmung.)

(Nach Le Chatelier unterscheidet man zwei Arten von Durchlässigkeit: die normale Durchlässigkeit und jene infolge Diffusion. Als Wirkung der letzteren wird die Zerstörung des Mörtels durch Meerwasser angesehen. Einen hohen Grad von Undurchlässigkeit gegen Diffusion erreichte der Autor bei Zement und Mörtel durch Beisatz von Tonerdebaryt im Augenblick der Aufbereitung. Es bildet sich dann ein Niederschlag von Bariumsulfat, der die kapillaren Hohlräume verstopft. Eine ähnliche Wirkung hat die Beimengung von Fettstoffen und gallertartigen Stoffen, unter ihnen vor allem die zähflüssigen Mineralöle und das Fukosol.)

Sekretär Wilson gibt einen Auszug des Berichtes von Bied.

Ehrenpräsident Foß übernimmt den Vorsitz.

Sekretär Wilson verliest den folgenden schriftlichen Diskussionsbeitrag:

H. Cloyd M. Chapman (schriftlicher Beitrag): Der Bericht Grittners zeigt, wie ein anscheinend unwichtiger Austausch in der Zusammensetzung der verwendeten Materialien, nämlich der Ersatz

Digitized by Google

von Soda durch Pottasche in den Seifen einen wesentlichen Einfluß auf die erhaltenen Resultate bezüglich Wasserdichtheit ausübt.

Es scheint mir von Wert zu sein, die Einzelheiten in der Zusammensetzung der Schmierseife zu kennen, ob dies eine einfache Verbindung von animalischem Fett und Pottasche oder einer der vielen anderen möglichen Variationen ist, welche gebraucht worden sein könnten.

Es würde mich interessieren, zu wissen, wie viele Probekörper mit der Seifenlösung gemacht und versucht wurden und welche Unterschiede in den Ergebnissen vorhanden sind. Der Versuch scheint anzugeben, daß nur zwei Sätze von Probekörpern verwendet wurden, und zwar je ein Satz Mörtel- und Betonkörper.

Es würde auch besonders wichtig und interessant sein, den Betonierungsvorgang, die Stampfarbeit und andere Einzelheiten bei der Herstellung der Probekörper zu kennen.

Auf Seite 3, Abschnitt 2, wo die Herstellung der mit Schmierseife versetzten Probekörper beschrieben ist, wird der Gebrauch von grobkörnigem Zuschlag nicht erwähnt. Tatsächlich sind die Abmessungen der Probekörper so gering, die Wände der Hohlkörper sind nur 1 cm stark, daß die Verwendung eines grobkörnigen Zuschlages zweifelhaft erscheint. Die Tabelle auf Seite 3 gibt auf der ersten Kolonne ein Mischungsverhältnis von 1 : 2 : 5 an, womit wahrscheinlich ein Gewichtsteil Zement, zwei Gewichtsteile feiner Zuschlag und drei Gewichtsteile grobkörniger Zuschlag gemeint ist. Dies gibt aber keine Mischung, in der, wie der Autor angibt, auf 1 m^3 500 kg Zement fallen.

Wir wollen annehmen, daß in der Tabelle auf Seite 3 die obere Reihe die Versuchsresultate mit Probekörpern ohne Zusatz von Seifenlösung darstellt, während die untere dagegen solche mit Seifenzusatz vorstellt. Ich möchte anfragen, ob diese Annahme richtig ist.

Der Verfasser gibt in seinem Berichte an, daß eine 8%ige Seifenlösung einen wasserdichten Beton gibt. Es würde mich sehr interessieren, zu wissen, ob nicht der Verfasser in der Lage wäre, zu beweisen, daß auch schon eine 6%ige Seifenlösung oder eine solche von 4% denselben Erfolg hat. Seine Betonprobekörper, welche 71½% Zement und ungefähr 8% Seifenlösung enthalten, zeigen näherungsweise einen Seifenzuschlag von 6% des Zementgewichtes oder rund 18 kg Seife auf den Kubikmeter Beton. Es ist möglich, daß mit einer bedeutend geringeren Menge von Seife gleichwertige Resultate erhalten werden können.

Digitized by Google

Seit ungefähr zwei Jahren werden umfangreiche Versuche in dem Westinghouse-Laboratorium Churche, Kerr & Co., New York, angestellt, um die Wirkung gewisser Seifen- und alkalischer Lösungen auf die Absorptionsfähigkeit von Zementmörtel zu bestimmen. Die Versuchsresultate sind sehr interessant: Die Probekörper erwiesen sich für jede praktische Verwendung geeignet und waren wasserdicht, wenn sie vor der Luftlagerung geprüft wurden. Die Probekörper, welche jedoch ungefähr vier Monate lang dem Einfluß der Witterung ausgesetzt waren, verloren in dieser Zeit ihre wasserdichten Eigenschaften in so hohem Maße, daß der Schluß berechtigt war, daß diese Ergebnisse für die Materialien und Methoden, obwohl an sich gut, bei Einwirkung der Witterung nicht konstant seien. Es wäre demnach lehrreich, die Einwirkung des Wetters auf diejenigen Probekörper zu kennen, welche von dem Verfasser des Berichtes geprüft wurden.

H. J. Force: Mit Bezug auf den Bericht „Über den Angriff des Meerwassers auf Eisenbeton" möchte ich auf die Tatsache aufmerksam machen, daß in demselben das Alter der Versuchszemente nicht angegeben ist. Es ist ganz gut möglich, daß bei der Prüfung des Zementes das Material den Anforderungen der normalen Kochprobe genügt hat. Ebenso ist es möglich, daß der Zement, wenn er noch einige Monate älter geworden wäre, auch den Anforderungen der Druckkochprobe genügt hätte. Ich möchte wünschen, daß im Bericht das Alter des Zementes angegeben würde. Ich sehe die Verwendung von Traß oder anderen puzzolanen Materialien für Beton, sobald er für Seewasserbauten in Betracht kommt, nicht gerne. Ich bin der Meinung, daß mit einem Zement, wenn er genau hergestellt ist und den Anforderungen der Druckkochprobe genügt, bessere Resultate erzielt werden können, als mit einem Mörtel, dem Traß und andere puzzolane Materialien beigesetzt sind. Zemente, welche der Druckkochprobe nicht entsprechen, werden bei Verwendung in Seewasser ohne Zweifel in kürzerer Zeit zerstört werden als Zemente, welche die Druckkochprobe erfolgreich bestehen, und zwar aus dem Grunde, weil der grobkörnige Zuschlag in späteren Zeiten Risse verursacht. Das Magnesium-Sulfat, das im Seewasser enthalten ist, trifft mit dem Kalzium-Hydrat zusammen und verbindet sich naturgemäß zu Kalzium-Sulfat, während im letzteren Falle, wenn der Zement die Druckkochprobe übersteht, eine solche Reaktion ausgeschlossen ist. Es wurden zwei Arten von Zementen untersucht, und zwar einer, der die Druckkochprobe nicht bestand, und ein solcher, der sie bestand. Zu beiden Proben wurden 30% hoch-

Digitized by Google

gradig siliziumhaltiger Traß beigesetzt und sie dann der Druckkochprobe unterworfen. Beide ergaben ungefähr 600 Pfund Festigkeit, während der Zement, der die Druckkochprobe nicht bestand, vor dem Zusatz von Traß um 100 Pfund weniger ergab. Dies zeigt, daß der grobkörnige Zuschlag im Zement bei der Lagerung des Materiales nicht hydratisiert wird, und nach den jetzigen Angaben zu schließen, ergeben die Zusätze von Traß zu einem der Kochprobe nicht standhaltenden Zement in Seewasser schlechtere Resultate als ein Zement, der die Schnellkochprobe bestand und der weder Traß noch andere Puzzolane enthält.

H. Gabriel Smith: Zu dem Berichte „Der Angriff des Seewassers auf Eisenbeton" möchte ich bemerken, daß wir im nördlichen Norwegen in der Regel schlechte Erfahrungen mit Beton gemacht haben; ein Bauwerk aus Eisenbeton, das erst vor ungefähr fünf Jahren errichtet wurde, zeigte ein Jahr nach der Vollendung ernste Schäden. Das Eisen in den Pfählen (System Hennebique) war zwischen dem Hoch- und Niederwasserspiegel bloßgelegt.

Ich fühle mich deshalb verpflichtet, Entwürfe für Hafenbauten nach der üblichen Eisenbetonbauweise besonders für den Norden von Norwegen, wo sie unseren Gesetzen gemäß meiner Genehmigung unterliegen, nicht zu akzeptieren.

H. Cloyd M. Chapman: Es wäre sehr interessant, die Meinung der einzelnen Verfasser der Berichte, die sich mit dem Angriff von Seewasser auf Beton befassen, zu hören. Es wäre wünschenswert, daß sie in ihrem Schlußwort die wichtigsten Maßregeln angeben, welche sie zur Erhöhung des Widerstandes gegen den Angriff des Seewassers ergriffen haben, sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht der Materialien als auch bezüglich der Mischungs- und Arbeitsmethoden.

Präsident Foß eröffnet sodann die mündliche Diskussion.

H. Prof. M. Gary: Die Bestrebungen, Beton und Mörtel wasserdicht zu machen, sind bekanntlich seit einigen Jahren überall im Gange. In Deutschland sind seit einigen Jahren massenhaft Emulsionen verschiedenster Art, Seifen und andere Dinge in den Handel gebracht worden, die dazu dienen sollen, Beton und Mörtel wasserdicht zu machen. Alle diese Mittel können natürlich nur die Poren füllen und wasserabweisend wirken und nur so lange, als nicht durch Witterungseinflüsse oder fortwährendes Nachdrängen oder auch erneute Wasserzuflüsse diese Emulsionen aus den Poren fortgeschwemmt werden und der Beton seine frühere Zusammensetzung erhält, die er haben wü de,

Digitized by Google

wenn diese fetten oder schlüpfrigen Stoffe nicht zugesetzt wären. Es ist also mit allen diesen Mitteln eine völlige Wasserdichtheit für dauernde oder ewige Zeiten überall dort nicht erreichbar, wo sie am meisten gewünscht wird, nämlich dort, wo Wasser immer erneut in den Beton einzudringen und ihn zu durchdringen versucht.

Präsident Foß stellt sodann — da der zunächstfolgende Bericht von C. de Wyrall infolge Abwesenheit des Autors erst nachmittags verhandelt werden soll — den „Bericht der Eisenbeton-Kommission (Kommission 41)", (XII_1) vorgelegt vom Obmann der Kommission Prof. F. Schüle, auf die Tagesordnung.

(Der Bericht gibt ein Bild des gegenwärtigen Standes der Aufgaben der Kommission: 1. das experimentelle Studium des armierten Betons, 2. die Prüfung der beim Eisenbeton verwendeten Materialien, 3. die experimentelle Untersuchung fertiger Bauwerke. Der Bericht beantragt, die Berichterstattung über Bauunfälle zu organisieren und durch die Eisenbeton-Kommission verarbeiten zu lassen, und schließt mit einer Zusammenstellung empfohlener einheitlicher mathematischer Bezeichnungen für die wichtigsten im Eisenbetonfach vorkommenden Größen. Eine teilweise abgeänderte Liste für die Länder englischer Zunge wird in Aussicht gestellt. Als Anhänge sind 6 Berichte über Untersuchungen und Proben an Eisenbeton in verschiedenen Ländern beigefügt.)

H. Prof. F. Schüle legt den Bericht vor.

Präsident Lesley übernimmt wieder den Vorsitz. Er schlägt vor, die Diskussion über den Bericht Schüles mit jener über den Bericht der Herren Scheit und Probst zu verbinden. (Zustimmung des Herrn Schüle und der übrigen Sektionsmitglieder.) Er erteilt jedoch vorher Herrn Humphrey, der zu der Sitzung des Resolutionskomitees abgehen muß und zum Berichte der Eisenbeton-Kommission zu sprechen wünscht, das Wort.

H. R. L. Humphrey: Das Bestreben des American Joint Committee's und das des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik läuft dahin hinaus, die verschiedenen, in fremden Ländern üblichen Prüfungsarten für Beton und Eisenbeton zu vereinheitlichen. Wie Sie sich erinnern, wurde auf dem Kopenhagener Kongreß der Vorschlag des englischen Concrete Institute betreffs einer einheitlichen Nomenklatur von der englischsprechenden Fachwelt zurückgewiesen und das amerikanische Joint Committee hat sich bemüht, eine Übereinstimmung mit dem wissenschaftlichen Ausschuß des Concrete Institute herbeizuführen. Hoffentlich werden viele seiner Punkte angenommen, so daß die Engländer endlich eine einheitliche Benennung besitzen werden, die als Verständigungsbasis mit der deutschen und

Digitized by Google

französischen Praxis gelten kann. Das amerikanische Joint Committee wird einen Bericht vorlegen, der als endgültiger aufzufassen ist und auf der heutigen amerikanischen Praxis aufgebaut ist. Meiner Meinung nach ist die Bemerkung des Herrn Schüle, daß in den Berichten des Verbandes die Ergebnisse von Prüfungen über neuzeitliche Bauwerke gesammelt werden und dem nächsten Kongreß vorgelegt werden sollen, eine ausgezeichnete. Besonders über das Verhalten von großen Gebäuden, welche in Benützung stehen, benötigen wir solche Daten. Amerika wird in dieser Hinsicht meiner Meinung nach den größten Anteil beitragen können. Übrigens wird ja auch in anderen Ländern diesbezüglich gearbeitet und wird die Zusammenfassung aller dieser Arbeiten von großem Werte sein. Wichtig ist es, zu wissen, in welcher Weise die Baukonstruktionen als Ganzes genommen, unseren theoretischen Annahmen entsprechen. Ich glaube, daß die Versuche unsere heutigen, für den Bauentwurf gültigen Regeln bestätigen werden.

Präsident Lesley bemerkt, daß zum Berichte Schüles noch Anhänge von Forschern verschiedener Nationen vorliegen und fragt, ob die Autoren anwesend sind und zu sprechen wünschen.

H. Prof. E. Suenson: Nein.

H. Prof. M. Gary: Die Herren scheinen sämtlich anderweitig beschäftigt zu sein. Ihre Anwesenheit ist auch kaum nötig. Das ganze Material, das wir in Deutschland zusammengetragen haben, ist in der Vorlage enthalten.

Präsident Lesley: Die Zeit ist bereits zu weit vorgeschritten. Wir wollen daher die folgenden Berichte in der vorgesehenen Reihenfolge erst in der Nachmittagssitzung, die um 2 Uhr beginnen wird, vornehmen.

Sodann wird die Sitzung geschlossen.

Digitized by Google

Freitag, den 6. September 1912, nachmittags.

Präsident Lesley eröffnet um 2 Uhr nachmittags die Sitzung und erteilt H. Prof. Talbot zu seinem Zusatzberichte das Wort.

H. Prof. A. N. Talbot: Der in den Mitteilungen veröffentlichte Bericht XII_1 „über die in den Vereinigten Staaten durchgeführten Forschungsarbeiten in Eisenbeton" war für den letzten Kongreß vorbereitet. Seitdem wurden bedeutende Werke in Eisenbeton an verschiedenen Orten dieses Landes ausgeführt. Das Wichtigste bei diesen Arbeiten war wahrscheinlich die Festigkeit der Säulen. Zu den Versuchen über letzteres Kapitel gehört die Wirkung der Umschnürung auf die Bewehrung und besonders aber die Wirkung der Länge der Säule auf die Festigkeit der umschnürten Säule — ein Thema, das, wie ich glaube, im Druck noch nicht behandelt worden ist — sowie das Verhalten einer Kombination der Längseisen und der Umschnürung in bewehrten Säulen. Weiters der Einfluß einer Kombination zwischen Profileisen und Beton und die besonderen Ergebnisse, die aus der Befestigungsart der Enden der Bewehrung am Kopfe und am Fuß der Säulen resultieren, ob sie z. B. direkt im Beton an Fußplatten endigen oder im Beton abgebogen werden. Bei Trägern kommt die Wirkung der Bewehrung gegen die Scherkräfte und bei großen Trägern die Verteilungsspannungen unter konzentrierten Lasten und der Einfluß der Bewehrung gegen die unter diesen Umständen auftretenden Spannungen in Betracht. Eine andere Reihe von Versuchen wurde über Gründungen, wie sie bei Hochbauten und anderen Bauwerken bei der gewöhnlichen Bodenpressung vorkommen, vorgenommen. Die Versuche erstreckten sich über Mauer-, Säulen- und Pfahlfundierungen, bei denen die Last in der Mitte eines quadratischen oder rechteckigen Fußquerschnittes angreift. Wieder eine andere Reihe von Versuchen erfolgte über die Ausführungsart der in unserem Lande „flat slab" genannten träger- und balkenlosen Konstruktion, einer Ausführungsart, bei der die Last auf die Säulen durch die Decke ohne Träger übertragen wird. Dies wird auf verschiedene Weise erreicht, z. B. durch das Mushroom-System, durch Überkragsplatten usw. Eine interessante Entwicklung haben die Versuche an fertigen Gebäuden hinter sich. Es wurden Deckensysteme aller Arten, Träger und Säulen unter Probelasten geprüft und die Formänderungen und Spannungen im Beton und Eisen in verschiedenen Teilen des Gebäudes gemessen. Dies wurde durch die Herstellung eines Dehnungsmessers ermöglicht, welcher

Digitized by Google

direkt an dem zu untersuchenden Bauteil angebracht werden konnte. Ich möchte etwas näher darauf eingehen. In gewissen Abständen der Zugzone wurden entsprechend der Länge des Apparates, Öffnungen gebohrt, welche bis an die Armierungseisen heranreichten; dasselbe wurde in der Druckzone des Betons vorgenommen. Das Instrument wurde nun in diese Höhlungen mit seinen Befestigungsklammern eingelassen und die Ablesungen gemacht. Bei einer Meßlänge von 8—10″ (20—25 cm) war der Fehler bei einem Durchschnitt von fünf Ablesungen nicht sehr groß, speziell bei Verwendung von geübten Beobachtern; er entsprach im Eisen einer ungefähren Differenz von 21 kg pro Quadratzentimeter. So groß wäre die Korrekturziffer zwischen den verschiedenen Ablesungen in einer Reihe. Es gibt natürlich noch andere Einflüsse, die den scheinbaren Fehler noch vergrößern. Das Instrument wird in Verbindung mit einem Normalstab verwendet, der aus einem unter besonderen Umständen hergestellten Stahl gefertigt ist und auf die Einwirkungen des Temperaturwechsels nicht reagiert. Diese Versuchsmethode lieferte da gute Dienste, wo es sich darum handelte, die Verteilung der Spannungen über eine beträchtliche Länge zu erforschen; sie gibt dann wertvolle Aufklärungen. Diese Methode erforderte beträchtliche Übung, doch wurden die zuerst zur Verwendung gelangenden Verfahren während eines Zeitraumes von zwei Jahren derart verbessert und entwickelt, bis es gelang, in kurzer Zeit wirklich zufriedenstellende Resultate zu erhalten. Natürlich muß man hiebei alle Umstände und alle Veränderungen berücksichtigen, die bei einem Material von so großem Wertigkeitsunterschied vorkommen können, wie ihn die bei Eisenbetonbauten verwendeten Materialien aufweisen. Dieses Instrument hat sich nicht nur für Versuche an fertigen Gebäuden brauchbar erwiesen, sondern auch als Laboratoriums-Instrument zur Bestimmung der Spannungsverteilung in Säulen, Trägern usw., um z. B. zu messen, ob die Verkürzung des Eisens dieselbe ist, wie die des umgebenden Betons und so festzustellen, ob ein Gleiten zwischen Eisen und Beton stattfindet. Hoffentlich kann eine Zusammenstellung der Arbeiten in nächster Zukunft gegeben werden.

In Beziehung zu dem Bericht Talbots übermittelt Herr Robert Thomson nachstehenden Beitrag der Herren John Sharp und John Ferguson über Erprobung von Eisenbetonsäulen.

H. John Sharp und John Ferguson (schriftlicher Beitrag): Wir haben zehn Eisenbetonsäulen sowie zehn achtzöllige (20·32 cm)

Digitized by Google

Betonwürfel derselben Betonmischung und gleichen Alters wie die zugehörigen Säulen untersucht. Hierbei zeigte sich, daß die erreichte Druckfestigkeit dieser Säulen bei Anwendung einer stufenweise zunehmenden, vertikal wirkenden Druckkraft in allen Fällen größer war als die Summe der Festigkeiten der Materialien, aus denen sie erzeugt waren und daß die Proben, nach der später näher erörterten Normalmethode berechnet, eine mittlere Druckfestigkeit von mehr als 2000 Pfund pro Quadratzoll (140·6 kg/cm²) ergeben haben.

Die Versuchssäulen wurden, um die Ergebnisse vergleichen zu können, genau in denselben Abmessungen ausgeführt, welche die Probekörper der zweiten Versuchsserie des deutschen Eisenbetonausschusses (Bericht darüber erschien im Verlage Wilh. Ernst & Sohn, Berlin 1910) aufgewiesen haben.

Die Erprobung der beiden vom deutschen Eisenbetonsauschuß ausgeführten Versuchsreihen ergab, daß die Festigkeiten der vom deutschen Ausschuß geprüften Eisenbetonsäulen in allen Fällen beträchtlich unter der Summe der Festigkeiten der für ihre Herstellung verwendeten Materialien liegen. Die Resultate zeigen unter Zugrundelegung der bereits erwähnten Normalmethode eine mittlere Festigkeitsverminderung der spiralumschnürten Säulen (welche die stärkste Säulengruppe des deutschen Ausschusses vorstellten) von mehr als 2000 Pfund pro Quadratzoll (140·6 kg/cm²) gegenüber der Festigkeit der zu ihrer Herstellung verwendeten Materialien.

Als Maßstab für die Beurteilung der verschiedenen Säulenklassen galt uns die Summe der Festigkeiten der Materialien, aus denen jede Säule hergestellt war, und zwar berechnet in folgender Weise:

1. Die Druckfestigkeit der Längseisen an ihrer Elastizitätsgrenze, geprüft in Längen von drei- bis vierfachem Durchmesser.

2. Die Zugfestigkeit der Quereisen an ihrer Elastizitätsgrenze; für die Rechnung wurde angenommen, daß diese Eisen auf die Länge der Versuchssäulen gebracht wurden.

3. Die Druckfestigkeit des Betons auf der Grundlage der Würfelfestigkeit, berechnet für die gesamte Querschnittsfläche der Säulen, vermindert um die wirkliche und angenommene Eisenfläche.

Digitized by Google

Die Summe dieser drei Größen in Pfunden gibt den Maßstab. Ist nun die bestimmte Druckfestigkeit der Säule beim Versuch größer oder kleiner als dieser Maßstab, so kann man daraus ersehen, ob die verwendete Konstruktionsmethode eine Verstärkung der Tragkraft gibt oder nicht, und gleichzeitig wie groß die Festigkeitszu- oder -abnahme ist.

Der Unterschied zwischen der durch den Versuch bestimmten und der normalen Festigkeitsziffer in Pfunden, dividiert durch die Fläche des Betons innerhalb der Umschnürung, nach Abzug der wirklichen und angenommenen Längseisenfläche in Quadratzoll, gibt eine Größe, welche die Wertziffer darstellt und die durch das ihr zukommende positive oder negative Vorzeichen eine Vergrößerung oder eine Verminderung der durch diese Konstruktionsmethode erzielten Tragkraft der Säulen bestimmt.

Die von uns versuchten Säulen besaßen eine deutliche Druck-Elastizitätsgrenze, welche erst dann erreicht wurde, nachdem die Säulen eine Druckfestigkeit aufgewiesen hatten, welche der Summe der nach Punkt 1 und 3 bestimmten Festigkeiten der Materialien bei direkten Druckversuchen gleich war. Wir weisen noch darauf hin, daß die Säulen, bevor die die Spiralumschnürung umgebende Betonhülle abgesprengt wurde, eine Druckfestigkeit aufwiesen, die beträchtlich größer war als die an ihrer Elastizitätsgrenze.

Die zehn hier beschriebenen Versuchssäulen wurden einer ansteigenden Pressung unterworfen, um ihre Stauchung zu untersuchen, welche einer mittleren Verkürzung von ungefähr 5% ihrer Länge gleichkam, ohne daß das Eisen und der Beton irgendwelche Anzeichen zeigten. Die in dem Maße zerdrückten Säulen waren keineswegs ganz zerstört. Alle Spiralumschnürungen waren nach dem Versuch noch intakt.

In dem Anhange geben wir ein Beispiel der Normalmethode, wie sie bei der am schwersten armierten neuen Klasse der von uns geprüften Eisenbetonsäulen angewendet wurde.

Digitized by Google

Anhang zum Bericht der Herren John Sharp Wh. Sc. M. I. Mech. E. und John Ferguson M. I. C. E.

1. Einzelheiten über den Säulenversuch und die Würfelproben.

		Pfund pro Quadratzoll
Bestimmte maximale Druckfestigkeit der Versuchssäule	=	1,285·595
Würfelfestigkeit des Betons	=	3,328
Gesamte Querschnittsfläche der Versuchssäule	=	139·5
Fläche innerhalb der Umschnürung	=	95·00
Fläche der Längseisen, 4 Zoll Durchmesser	=	12·56
Eisenflächen von gleichem Gewicht wie die Spiralen	=	5·5
Druckfestigkeit der Längseisen bei ihrer Elastizitätsgrenze . . .	=	28·000
Zugfestigkeit der Spiralbewehrung bei ihrer Elastizitätsgrenze .	=	40·000
1. Elastischer Druckwiderstand der vertikalen Längseisen, 4 Zoll Durchmesser = 12·56 Quadratzoll × 28·000 Pfd. .		351·680
2. Elastischer Zugwiderstand. Spiralenbewegung = 5·5 Quadratzoll × 40·000 Pfd.	=	220·000
3. Druckwiderstand des Betons über die ganze Fläche des Säulenquerschnittes, vermindert um die Eisenflächen nach Punkt 1 und 2 = 139·5 — (12·56 5·5) × 3328	=	404·152
Die Summe der Festigkeit des Materials, aus dem die Säule hergestellt ist gleich dem Vergleichswerte		975·832
Bestimmte maximale Druckfestigkeit der Betonsäule . .	=	1,285·595
Vergleichswert der Versuchssäule wie oben bestimmt	=	975·832
Überschuß an Festigkeit über den Vergleichswert . . .	=	+ 309·763

Reduzierte Festigkeitszunahme, bezogen auf die Querschnittsfläche der Säule innerhalb der Spiralumschnürung, vermindert um die Querschnittsfläche der Längseisen nach Punkt 1 und 2 = $\frac{3097663}{95{\cdot}03 - (12{\cdot}56\ 5{\cdot}5)}$ . . . . . = +4,024

2. Einzelheiten über die Versuchssäule und die Würfelproben.

Würfelfestigkeit des Betons im Alter von 28 Tagen, Serie A mit 8·2% Wasser	=	4,153
Würfelfestigkeit des Betons im Alter von 28 Tagen, Serie B mit 9·5% Wasser	=	3,442
Würfelfestigkeit des Betons im Alter von 28 Tagen, ungefähr wie oben	=	3,797
Gesamte Querschnittsfläche der Versuchssäule	=	139·5
Fläche innerhalb der Umschnürung	=	95·00
Querschnittsfläche der Längseisen	=	1·15
Eisenfläche von gleichem Gewichte wie die Spiralen	=	1·06
Druckfestigkeit der Längseisen bei ihrer Elastizitätsgrenze . .	=	28·000
Zugfestigkeit der Spiralbewehrung bei ihrer Elastizitätsgrenze .	=	88·326

Digitized by Google

	Pfund pro Quadratzoll
1. Elastischer Druckwiderstand der vertikalen Längseisen = 1·15 Quadratzoll × 28·000 Pfd.	= 32·200
2. Elastischer Zugwiderstand d. Spiralbewehrung = 1·06 Quadratzoll × 88·326 Pfd.	= 93,625·56
3. Druckwiderstand des Betons über die ganze Fläche des Säulenquerschnittes vermindert um die Eisenflächen nach Punkt 1 und 2 = $\frac{\text{.....}}{139{\cdot}5 - (1{\cdot}15 + 1{\cdot}06)} \times 3797$	= 521,290·13
Summe der Festigkeit des Materials, aus dem die Säule hergestellt ist, gleich dem Vergleichswert	= 647,115·69
Vergleichswert der Versuchssäule wie oben angegeben. .	= 677,115·69
Bestimmte maximale Druckfestigkeit der Versuchssäule	= 441,780
Bestimmte Abminderung, verglichen mit dem Vergleichswerte	= 205,335·69
Reduzierte Festigkeitsabminderung bezogen auf die Querschnittsfläche der Säulen, vermindert um die Querschnittsfläche der Längseisen nach Punkt 1 und 2 = $\frac{205335{\cdot}69}{95{\cdot}00 - (1{\cdot}15 + 1{\cdot}06)}$	= 2,212·9 — Wertziffer.

Bemerkung: Die Würfel waren bei der Probe nur 28 Tage alt, während die Säulen ein Alter von 45 Tagen erreichten; die Betonfestigkeit der Säulen zur Zeit der Probe wird deshalb größer gewesen sein, als die der Würfel, im Alter von 28 Tagen. Die Betonfestigkeit, die diesen Berechnungen zugrunde gelegt ist, wurde demnach als Mittel der Festigkeiten von zwei Würfelproben nach 28 Tagen genommen.

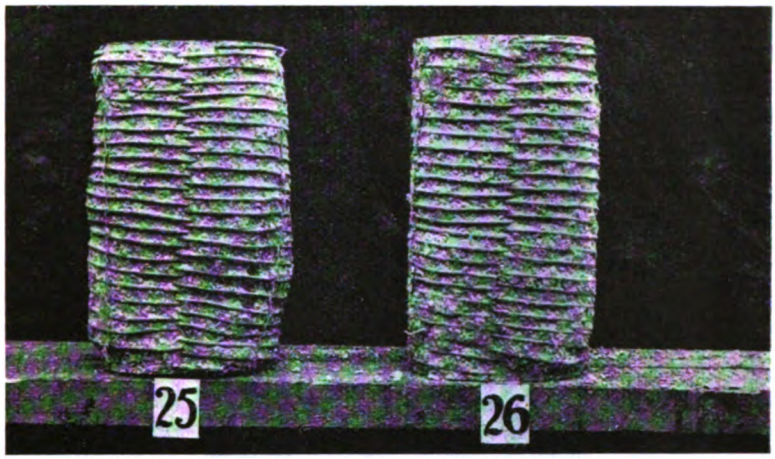
H. Robert Thomson (schriftlicher Beitrag): Ich übermittle dem Kongreß im Anhange zum schriftlichen Beitrag der Herren Sharp & Ferguson Photographien von zwei Probekörpern, deren Erprobung ich in letzter Zeit durchgeführt habe.

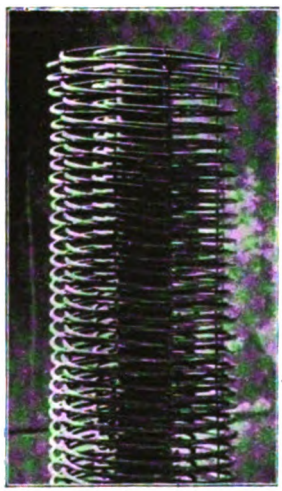
Die beiden untersuchten Probekörper hatten die gleiche Länge von 2 Fuß (61 cm). Dadurch wurde es ermöglicht, sie ohne Gefahr eines Knickungseinflusses genau zu prüfen. Der Beton besaß ein Mischungsverhältnis von 1 : 1 : 2 und war nur 48 Tage alt. Die Versuchswürfel wurden aus demselben Zement wie die Säulen hergestellt und sind auch heute zerdrückt worden. Die zehnzölligen Würfel (25·4 cm) gaben die außergewöhnlich hohen Festigkeiten von 5103 Pfund pro Quadratzoll (357 kg/qcm).

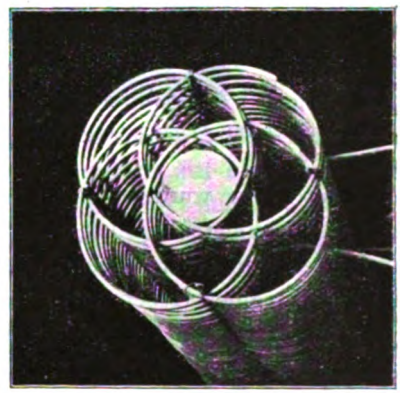
Die Querschnittsfläche der Probekörper hatte eine Größe von 139·5 Quadratzoll (896·7 cm²), die innerhalb der Umschnürung befindliche 100 Quadratzoll (645 cm²), während die der ersten Versuchsserie

Digitized by Google

95 Quadratzoll (612·88 cm²) betrug, um dieselben Abmessungen zu verwenden, wie sie die deutschen Probekörper besessen haben. Die Längseisen hatten 4 Zoll Durchmesser (10 cm), die Umschnürungen





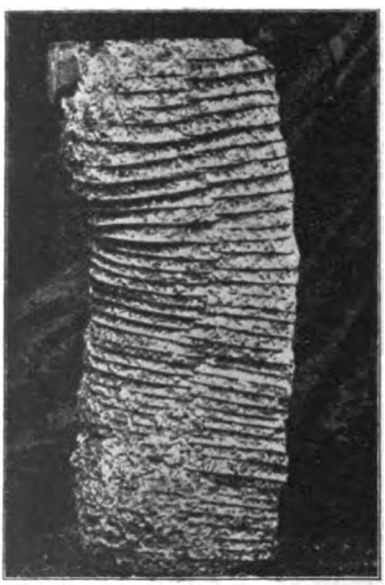


Eisengerippe der Versuchssäulen.

bestanden aus vier Spiralen, die durch die Längseisen zusammengehalten wurden, waren aus geglühtem Eisendraht von $^5/_{16}$ Zoll (0·8 cm) Durchmesser. Die Anordnung sieht man auf den beiliegenden Abbildungen.

Digitized by Google

Der Beton wurde mit deutschem Zement, Meersand und einem Zuschlag von der Korngröße $^3/_8$ Zoll (1 cm) gemischt. Sowohl der Sand als auch der Schotter wurden am Tage vor der Betonierung gewaschen, so daß er bei Verwendung noch feucht war. Die Formen wurden 24 Stunden nach der Betonierung bereits entfernt, um den Säulen eine Erhärtung in der Luft zu ermöglichen.



Ansicht der im Anhang besprochenen Probesäule nach der Probe.

Bei der Presse wurde ein neuer Schäffer & Budenberg-Meßapparat verwendet. Die innere Reibung der Presse wurde vorher mittels sechs schweren Federn bestimmt, welche von den Herren Sharp und Ferguson selbst zuvor in einer Hebelmaschine geprüft worden waren.

Bei dieser Klasse von Säulen ist die hohe Druckfestigkeit bemerkenswert, die sie vor dem Abschälen erreichen.

Im folgenden seien die Versuchsergebnisse bei vier aufeinanderfolgenden Laststufen für Versuch Nr. 25 angegeben:

1. Erscheinen des ersten Risses bei einer Last von 1,059.500 Pfund.

2. Die Schale bis zur Umschnürung beginnt zu reißen bei einer Last von 1,282.997 Pfund.

3. Die Schale über den Spiralen springt ab bei einer Last von 1,471.795 Pfund.

Digitized by Google

4. Maximaler Druckwiderstand der Säulen bei einer Last von 1,916.089 Pfund.

Unter der Bruchlast betrug die Stauchung 2½ Zoll (6·35 cm), was 10% der Länge der Säulen ausmacht. Bei dieser Laststufe riß ungefähr in der Hälfte der Säulenhöhe eine der Spiralenwindungen. Der Beton zeigte keine Zerstörungserscheinungen.

Versuch Nr. 26 erreichte nicht dasselbe maximale Gewicht, sondern nur 804 Tonnen gegen 855 Tonnen im Versuchfalle Nr. 25. Dieser Unterschied der Lasten kommt auch in den Unterschieden der Stauchung zum Ausdruck, welche bei Nr. 25 2½ Zoll (6·35 cm) und bei Nr. 26 nur 2 Zoll (5·08 cm) betrug.

Präsident Lesley geht nach Übersetzung der grundlegenden Gedanken zum nächsten Bericht über, lautend: „Untersuchungen an durchlaufenden Eisenbetonkonstruktionen" von Prof. H. Scheit und Dr. E. Probst (XII_3).

(Der Bericht faßt kurz die in Buchform veröffentlichten Probeergebnisse durchlaufender Eisenbetonkonstruktionen zusammen. Im Falle frei drehbarer und verschiebbarer Lagerung folgen solche über mehrere Felder laufende Konstruktionen denselben Gesetzen wie durchlaufende Träger aus homogenem Material mit unveränderlichem Elastizitätsmodul und gleichbleibendem Trägheitsmoment. Bei Eisenbetonkonstruktionen, die mit den Stützen fest verbunden sind, ist dies nicht der Fall. Die in den Stützen auftretenden Biegungsmomente müssen berücksichtigt werden.)

H. Dr. E. Probst legt den Bericht vor und bemerkt hierzu:

H. Prof. Scheit ist leider abwesend und deshalb muß ich allein über die Versuche, die wir in Dresden gemacht haben, berichten. Ich will mich deshalb kurz fassen und nur darauf hinweisen, daß die Versuche bereits veröffentlicht sind. Bei der kurzen Zeit auf dem Kongresse, ist es nicht möglich, in die Materie gründlich einzudringen.

Präsident: Wir wollen noch im Anschlusse den nächsten Bericht „Bauunfälle im Eisenbetonbau" (XII_2) von Dr. F. v. Emperger vornehmen.

(Der Bericht spricht den Wunsch aus, daß durch eine amtliche einwandfreie Statistik ein klarer Einblick in die Frage der Bauunfälle geschaffen werden möge. In Deutschland und Österreich sind bereits amtliche Verfügungen nach dieser Richtung erfolgt. Diese statistischen Daten sollen gesammelt werden und es soll eine internationale Behandlung derselben auf dem nächsten Kongresse erfolgen. Der Autor empfiehlt als Mittel zur Vermeidung von Bauunfällen die

Digitized by Google

Probe mittels Kontrollbalken und wünscht, daß dem nächsten Kongresse über die Verwendung dieser Balken in der Praxis berichtet werde.)

Präsident Lesley gibt in Abwesenheit Empergers einen Auszug des Berichtes. Er eröffnet sodann die Diskussion über die vorgelegten Berichte, und zwar den Schüles samt den zugehörigen Zusatzberichten (einschließlich jenem Talbots), Probsts und Empergers.

H. Dr. E. Probst: In Deutschland sind zurzeit eingehende Versuche im Gange, welche die Frage der Kontrollbalken klären wollen. Vor allen Dingen muß festgestellt werden, in welchen Abmessungen die Kontrollbalken hergestellt werden müssen, um ein zuverlässiges Resultat zu gewährleisten. Solange keine zuverlässige Form dieser Kontrollbalken gefunden ist, ist es verfrüht, von der heutigen Prüfungsmethode für Beton abzugehen. Eine Änderung der heutigen Prüfungsmethoden ist aber zweifellos sehr erwünscht und es wäre daher eine baldige Klärung der Frage durch eingehende Untersuchungen sehr zu begrüßen.

Präsident Lesley schließt, da sich niemand mehr zum Worte meldet, die Diskussion. Bevor er zum nächsten Bericht übergeht, macht er Mitteilung, daß Herr C. v. Wyrall, dessen Bericht „Elektrolytische Wirkung auf nichtarmierten Beton" (XX_1) infolge Abwesenheit des Autors von der Vormittagssitzung auf die Nachmittagssitzung verschoben wurde, nicht erscheinen kann und daher den Bericht mit dem Ersuchen zurückzieht, von der Veröffentlichung des Berichtes im Protokoll des Kongresses abzusehen, da er fürchtet, „daß ohne seine eigenen Aufklärungen falsche Schlüsse gezogen werden könnten".

H. Prof. Talbot bittet um Aufklärung, wie ein Bericht, der angenommen, in den „Mitteilungen" gedruckt und verteilt wurde, zurückgezogen werden könne.

Präsident Lesley: Der Präsident darf keine Diskussion bezüglich des Berichtes einleiten. Der Schreiber bittet, jedes Vorgehen bis zu seiner eigenen Teilnahme an der Verhandlung zu verschieben.

H. Prof. Talbot: Das verstehe ich nicht.

Präsident Lesley: Sicherlich hat jedes Mitglied der Sektion das Recht, den Bericht, sofern er es will, zu diskutieren. Ob auch mit Rücksicht auf die schuldige Höflichkeit gegen den Autor, das ist eine andere Frage.

H. R. H. Gaines: Ich glaube, die Frage des elektrolytischen Einflusses ist eine wichtige und einer Diskussion wert.

Digitized by Google

Präsident Lesley ersucht nochmals, von der Diskussion abzusehen. Den besten Weg zur Eröffnung einer Diskussion böte ein schriftlicher Beitrag. Er wünsche nicht die Diskussion zu unterbinden, aber man müsse das Ersuchen des Autors berücksichtigen.

H. Dr. Gaines hofft, daß die wichtige Frage in dieser Versammlung nicht ohne Diskussion bleiben werde.

Präsident Lesley schlägt vor, die Diskussion über das Thema „Elektrolytische Wirkungen auf Zement" ohne Beziehung auf den Bericht abzuführen.

H. Dr. Gaines: Wir wollen die Frage, nicht den Bericht diskutieren.

Präsident Lesley eröffnet in diesem Sinne die Diskussion.

H. F. Dr. Müller: Der deutsche Ausschuß für Eisenbeton hat ausgedehnte Versuche über die Einwirkung der elektrischen Ströme auf Eisenbeton im großherzoglichen Laboratorium zu Darmstadt anstellen lassen. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in einer Broschüre veröffentlicht und es würde sich empfehlen, diese Veröffentlichung als Material für weitere Untersuchungen heranzuziehen.

H. P. H. Bates: Das „Bureau of Standards" der Vereinigten Staaten hat mit besonderer Genehmigung seit einer Reihe von Jahren Versuche über elektrolytische Wirkungen angestellt. Diese bestanden sowohl in Laboratoriumsversuchen als auch in Untersuchungen an Gebäuden, von denen man sagte, daß sie durch Elektrolyse beschädigt worden seien. Aber nur in einem einzigen Falle war man imstande, ein derartiges Gebäude zu finden, bei dem Zerstörungserscheinungen durch Elektrolyse aufgetreten sind und bei dem die Wirkung des elektrischen Stromes tatsächlich nachgewiesen werden konnte. In den übrigen Fällen waren andere Ursachen für diese Zerstörungserscheinungen vorhanden. Das Bureau hat den Bericht fertiggestellt und wird ihn in kurzer Zeit veröffentlichen. Ich bin sicher, daß ihn alle, die sich für diesen Gegenstand interessieren, mit Interesse lesen werden.

Präsident Lesley schließt die Diskussion und stellt den nächsten Bericht auf die Tagesordnung: „Versuche für Beton" (XX_3) von Cloyd M. Chapman.

(Die nach den Normen vorgeschriebenen Versuche für Zement und die Zuschlagstoffe liefern den Beweis der Eignung der Materialien, nicht aber des fertigen, verarbeiteten Betons. Der Bericht wünscht die Ausbildung eines einheitlichen Prüfungsverfahrens, das bei Beton für verschiedene Arbeiten Anwendung finden soll und führt zur Anbahnung eines solchen Verfahrens die

Digitized by Google

Versuchsarten an, die Anwendung finden könnten, und zwar Druckversuch und Zugversuch mit geformten Probekörpern, Versuche mit herausgeschnittenen Probekörpern, Eindring- und Ritzversuch, Doppelt-Baugliedprobe, Einheits-Baugliedprobe, Zugversuch, verbesserter Zugversuch, abgeänderter Zugversuch und andere Formveränderungsversuche. Die Einführung eines bestimmten Verfahrens aus den zwölf angeführten wird vom Autor nicht empfohlen, er betrachtet es als Pflicht des Kongresses, nach dieser Richtung Schritte zu unternehmen.)

H. Cl. M. Chapman legt den Bericht vor.

H. S. E. Thompson (schriftlicher Beitrag): Meiner Meinung nach ist die Zeit nicht mehr weit, daß für jeden wichtigen Betonbau die Vorschriften nicht nur Laboratoriumsproben für den Zement selbst verlangen werden, sondern auch solche für den Sand, ferner Festigkeits- und Wasserdichtheitsversuche mit Betonprobekörpern, die mit den am Bau verwendeten Zuschlägen und in jenem Mischungsverhältnisse hergestellt werden, das endgültig für das Bauwerk selbst bestimmt worden ist.

Betonversuche am Bauplatz haben, wenn sie direkt von der Mischmaschine genommen wurden, für den ausführenden Ingenieur einen besonderen Reiz, und Proben, welche auf diese Weise erhalten werden, haben im allgemeinen einen guten Einfluß auf die Arbeit, besonders deshalb, weil die Arbeiter, wenn sie wissen, daß eine Probe gemacht wird, sorgfältiger vorgehen. Allerdings für die wirkliche Bestimmung der auftretenden Spannung im Beton des Gebäudes sind die Bauplatzproben sehr problematisch. Ein kleiner Probekörper wird immer von dem Mittel der Masse abweichen, Witterungsverhältnisse werden das kleine Probestück mehr beeinflussen als die ganze Masse des Bauwerkes, wenn auch die Lagerung unter denselben Bedingungen vor sich geht; weiters werden Veränderungen, welche durch verschiedene Umstände entstehen und dem Beton als Ganzes genommen bei etwas größerer Ausdehnung und höherem Alter weniger schaden, bei einem beschleunigten Versuch mit Probekörpern, welche nicht unter absolut gleichen Bedingungen hergestellt und gelagert wurden, in größerem Maßstabe zur Geltung kommen. Einheitliche Vorschriften über Herstellung und Lagerung können eben nur in Laboratorien angewendet werden.

Durch die Laboratoriumsversuche zur Erforschung des Materiales sollen nicht nur die Zuschläge, der Zement usw. untersucht werden, sondern auch die Mischungsverhältnisse in wissenschaftlicher Weise festgelegt werden, da hierdurch bei größeren Bauten Tausende von

Digitized by Google

Dollars erspart werden können. Ebenso unterliegt die Festigkeit des Betons gewissen Normalbestimmungen.

Für Laboratoriumsversuche sollten demnach Vorschriften vorhanden sein, welche genügend Dehnbarkeit besitzen, um sie auf die vorkommenden Verschiedenheiten in der Konsistenz des Betons anwenden zu können so daß jede Probe den besonderen Bedingungen entspricht, denen der Beton in der Praxis zu entsprechen hat.

Über die Art der Versuche ist nur zu sagen, daß Druck- und in einigen Fällen Wasserdichtheitsversuche am meisten verlangt werden, da ja die Druckfestigkeit oder die Wasserdichtheit die gewöhnlich verlangte Eigenschaft eines Baumateriales ist. Für Druckversuche werden die kleinsten Abmessungen genügen, um genaue Vergleichsresultate zu erhalten. Allerdings unter größter Genauigkeit der Herstellung, Lagerung und Versuchsausführung. Es wird vorgeschlagen. eine große Anzahl von Druckversuchen mit gleichem Material auszuführen, um den Haupteinfluß für verschieden große Probekörper zu bestimmen. Probekörper von 8 Zoll (20 cm) Stärke und 16 Zoll (40 cm) Höhe werden von dem Joint Committee der Vereinigten Staaten eingehend empfohlen. Diese geben zufriedenstellende Resultate, sind aber etwas groß und schwer. Wenn ein Zylinder von 6 Zoll (15 cm) Durchmesser und 6 Zoll (15 cm) Höhe oder ein Würfel von 6 Zoll (15 cm) Kantenlänge vergleichsfähige Resultate erzielen lassen — Resultate, die allerdings nicht die genaue Festigkeit des Betons im Gebäude angeben, sondern nur einen ungefähren Schluß auf dieselbe zulassen — würden sie für Laboratoriumsversuche sehr annehmbar sein.

H. H. S. Spackman: Ich möchte zu der von Herrn Chapman vorgeschlagenen Reihe noch einen Versuch hinzufügen. Und zwar einen Versuch über das Ausblühen von Zement, Sand und Steinen. Man ist daraufgekommen, daß dieser Versuch besonders dann von Wert ist, wenn er an dem Beton während der Ausführung des Werkes gemacht wird.

Meine Erfahrungen mit Untersuchungen von Betonbauten, an denen einzelne Teile nicht genügend erhärteten, während sich andere wieder durchaus zufriedenstellend verhielten, veranlassen mich, anzunehmen, daß die Ausscheidungen von Zement, Sand und Steinen mehr verbreitet sind als man allgemein voraussetzt, besonders dann, wenn die Mischung genug feucht ist, um ein Fließen des Betons zu gestatten.

Digitized by Google

In einem besonderen Falle, wo gemäß Verzeichnis offensichtlich Zement, Sand und Schotter auf der Baustelle in dem bestimmten Mischungsverhältnis von 1 Teil Zement, 3 Teilen Sand und 6 Teilen Schotter verwendet wurden, hat sich bei der Untersuchung verschiedener Betonproben, welche sowohl aus guten sowie aus nichtentsprechenden Bauteilen entnommen wurden, ergeben, daß Beton in reicheren Mischungen als die angegebenen stärkeren Veränderungen unterliegt als in mageren, z. B. aus 1 Teil Zement, 11 Teilen Sand und 11 Teilen Schotter bestehenden Mischungen.

H. Prof. E. Suenson: Ich stelle fest, daß in Dänemark Kontrollbalken schon längere Zeit im Gebrauch sind und wir mit den erhaltenen Resultaten sehr zufrieden sind. Doch wir gebrauchen nicht die von Herrn v. Emperger vorgeschlagene Form. Unsere Versuche zeigen, daß diese höheren Balken öfter durch Scherspannung zerstört werden. Einige von unseren Versuchen sind auszugsweise im Anhang 12 des Berichtes der Betonkommission enthalten.

Präsident Lesley: Wir kommen nunmehr zum Berichte „Über die mechanische Festigkeit und das Verhalten im Meere von Mörteln aus gestoßenem Sand, verglichen mit Mörteln aus Seesand" ($XVII_5$) von M. Gassier.

(Der Autor berichtet über Versuche, die mit Kalk- und Zementmörtel, die einerseits mit natürlichem Seesand, anderseits mit künstlichem, durch Zerkleinerung von Blöcken aus Steinbrüchen erzeugtem Sande hergestellt wurden. Die Versuchsergebnisse zeigen, daß die Festigkeiten gegen Zug und Druck für die Mörtel aus künstlichem Sande größer sind und das Verhalten dieser Mörtel im Meerwasser ebenso günstig ist, wie jenes der Mörtel aus Seesand.)

Sekretär Wilson gibt einen Auszug des Berichtes.

Präsident Lesley eröffnet die Diskussion. Da sich niemand zum Worte meldet, geht er zum letzten Bericht über. Er betitelt sich: „Verhältnis zwischen der Festigkeit und der Elastizität des auf Druck beanspruchten Betons" (XII_4) von Prof. F. Schüle.

(Um das Verhältnis zwischen Druckfestigkeit und Elastizität des Betons in den Grenzen der Beanspruchung fertiggestellter Konstruktionen festzustellen, wurden am eidgen. Laboratorium zu Zürich Versuche angestellt. Sie bestanden aus Biegeproben mit Prismen von 12×12 cm² Querschnitt (bei 30 cm Stützenentfernung und konzentrierter Belastung in der Mitte) sowie aus einem doppelten Druckversuch auf je einer Hälfte des Prismas. Die Proben erstrecken sich auf zwei Zementarten, drei Mischungsverhältnisse und 25 Sand- und Kiessorten. Die Ergebnisse, die in Diagrammen zusammengestellt sind, zeigen, daß ein gesetzmäßiges Verhältnis zwischen Druckfestigkeit und Elastizitätskoeffizient

Digitized by Google

besteht; letzteres für Druckspannungen innerhalb 53 kg/cm²; dieses Verhältnis ist von der Mischung, von der Art des Zementes und Sandes oder Kieses unabhängig. Die Ergebnisse liefern ein Mittel zur Feststellung der Formänderungen bestehender Konstruktionen und Berechnung der wirklich auftretenden Spannungen.)

Präsident Lesley: Mit diesem Berichte Schüles ist die Arbeit der Sektion vollendet. Da Herr Prof. Schüle, der bei der Sitzung des Resolutionskomitees weilt, abwesend ist, wird die Sitzung kurz unterbrochen. (Nach Rückkehr Prof. Schüles.)

Präsident Lesley (nach Rückkehr des H. Prof. Schüle): Da es sich um ein wissenschaftliches Thema handelt und noch die Anträge des Resolutionskomitees zu behandeln sind, ersucht H. Prof. Schüle, daß sein Bericht ohne Debatte zur Kenntnis genommen werde. Sofern jemand einen Diskussionsbeitrag vorbereitet hat, möge er ihn vorbringen. Herr Prof. Schüle wird gerne antworten. (Es ist nicht der Fall.)

Präsident Lesley: Das Resolutionskomitee hat das Wort.

H. R. L. Humphrey beantragt, daß die vom Resolutionskomitee zurückgelangenden Anträge der Reihe nach durchgesprochen werden.

Präsident Lesley beantragt, daß die Anträge zuerst in französischer, dann in deutscher und zuletzt in englischer Sprache verlesen werden, so daß sie bereits morgen den Zeitungen in der offiziellen Form zur Verfügung stehen.

H. A. Foß: Zur Frage des Schwefelsäuregehaltes lagen drei Resolutionen vor, je eine von den Herren Martens, Humphrey und Feret. Da eine Einigung nicht zu erzielen war, haben sich die Antragsteller auf einen neuen Vermittlungsantrag des Herrn Robertson geeinigt, der folgendermaßen lautet:

„Der Vorstand wird ersucht, eine Kommission zu ernennen, die dem nächsten Kongreß über die Wirkung des SO_3-Gehaltes in Portlandzement berichtet".

Präsident Lesley: Der amerikanische Antrag ist demnach zurückgezogen.

H. R. L. Humphrey: Ja.

Präsident Lesley: Auch Ihr Antrag, Herr Feret?

H. Feret: Ja.

Präsident Lesley: Der des Vereines deutscher Zementfabrikanten gleichfalls?

Prof. M. Gary: Ich habe geglaubt, die Resolution des Vereines deutscher Portlandzement-Fabrikanten zurückziehen zu dürfen, da

Digitized by Google

nach Lage der Sache eine Einigung nicht zu erzielen war. Wenn die deutschen Herren damit nicht einverstanden sein sollten, so müßte der Einspruch jetzt erfolgen.

H. Dr. F. Müller erklärt, daß der Verein deutscher Portlandzement-Fabrikanten seine Resolution zurückziehe.

Präsident Lesley stimmt hierauf ab.

(Der Antrag wird einstimmig angenommen.)

H. L. S. Robertson spricht den deutschen und amerikanischen Mitgliedern den Dank für ihr freundschaftliches Zusammenarbeiten in der Frage der Schwefelsäure aus, die sich in entgegenkommender Weise auf einen Antrag geeinigt haben, der alle Interessen berücksichtigt.

H. A. Foß: In der nächsten Frage, die sich auf den Kopenhagener Kongreßbeschluß über das Le Chatelier-Verfahren bezieht, hat sich der Vorstand in seiner gestrigen Sitzung mit der Erwägung beschäftigt, inwieweit die Aufhebung eines früheren Kongreßbeschlusses zulässig ist oder nicht. Der Vorstand ist der Ansicht, daß der Weg, eine frühere Resolution ohne weiteres aufzuheben, nicht befürwortet werden kann. Wenn aber ernste Bedenken gegen einen Kongreßbeschluß erhoben werden, muß der Beschluß zur Revision und eventuellen Berichtigung entweder einer Kommission oder dem Kongreß überwiesen werden.

Bezüglich der Arbeit des Resolutionskomitees beehre ich mich mitzuteilen, daß die Zeit zur Übersetzung der Vorschläge nicht genügte. In den Fällen, wo die betreffenden Vorschläge zurückgezogen wurden, haben wir deshalb von einer Übersetzung abgesehen und nur die neuen Resolutionen, auf die sich die verschiedenen Antragsteller geeinigt haben, in drei Sprachen vorgelegt.

Der Antrag des Resolutionskomitees lautet:

„Die Aufgabe, weitere Versuche mit sämtlichen beschleunigten Raumbeständigkeitsproben für Portlandzement anzustellen, wird einer Kommission überwiesen mit dem Ersuchen, verschiedene Laboratorien zu der Arbeit heranzuziehen, sowie in jedem in Frage kommenden Lande auch die öffentlichen Versuchsanstalten einzuladen, sich an den Arbeiten zu beteiligen."

Präsident Lesley: Es lagen drei andere Anträge vor, je einer von den Herren Feret, Martens und Blount. Ich nehme an, daß diese Anträge zurückgezogen worden sind und daß wir eine Lösung in dem neuen Antrage vor uns haben. (Zustimmung der Herren.)

Digitized by Google

Präsident Lesley stimmt ab. (Der Antrag wird einstimmig angenommen.)

H. A. Foß: Der nächste Antrag ist jener von H. Spackman. Er lautet:

„Die Kommission 30 wird aufgefordert, zu versuchen, die ungefähre Größe der Körner des Zementes festzustellen, die in kurzer Zeit vollständig hydratisieren."

Präsident Lesley stimmt ab. (Der Antrag wird einstimmig angenommen.)

Präsident Lesley: Prof. Schüle wird seine Anträge vorlegen.

H. Prof. F. Schüle: Die Anträge, welche die Eisenbetonkommission (Kommission 41) betreffen, zerfallen in zwei Teile. Der erste Teil lautet:

„Die Kommission 41 wird ersucht, dem nächsten Kongreß einen Bericht über die Prüfungsverfahren für Beton und Eisenbeton vorzulegen."

(Der Antrag wird einstimmig angenommen.)

H. Prof. Schüle: Der zweite Teil bezieht sich auf Unfälle im Beton- und Eisenbetonbau und lautet:

„Im Interesse der Unfallverhütung im Bauwesen und Förderung der hiefür erforderlichen Erkenntnis der Materialeigenschaften erscheint es geboten, daß in jedem Lande eine einheitliche Berichterstattung über die Unfälle in ähnlicher Weise organisiert werde, wie sie bezüglich der Dampfkessel-Unfälle bereits eingeführt ist. Der Kongreß spricht den Wunsch aus, daß die Eisenbeton-Kommission auf die Organisierung einer internationalen Berichterstattung hinarbeite und auf dem nächsten Kongreß die länderweise eingesandten Berichte über Unfälle im Bauwesen mit den sich aus der Art der Unfälle ergebenden Schlußfolgerungen vorlege."

Präsident Lesley nimmt die Abstimmung vor. (Einstimmige Annahme.)

H. Prof. F. Schüle: Hinsichtlich der Kommission 42 (plastische Mörtel) liegt folgender Antrag vor:

„Die Kommission 42 wird ersucht, ihre Arbeiten zur Aufstellung eines einheitlichen Prüfungsverfahrens plastischen Mörtels und zur Anwendung dieses Verfahrens auf den Vergleich verschiedener Normalsande weiterzuführen."

(Der Antrag wird einstimmig angenommen.)

Prof. M .Gary: Ich mache darauf aufmerksam, daß ich bereits 1897 vergleichende Versuche mit Normalsand verschiedenen Ursprungs

Digitized by Google

angestellt und in den „Mitteilungen" aus den Kgl. Technischen Versuchsanstalten 1898, S. 121 veröffentlicht habe.

H. A. Foß: Zur Frage der Wetterbeständigkeit liegt vom Resolutions-Komitee folgender Antrag vor:

„Der Kongreß beschließt, die verschiedenen Länder einladen zu lassen, daß ihre Versuchsanstalten das Hirschwaldsche Prüfungsverfahren studieren. Über das Ergebnis wäre dem nächsten Kongreß Bericht zu erstatten".

Präsident Lesley: Die Anträge der Herren Martens und Hirschwald sind somit zurückgezogen. (H. Foß bejaht dies.) Da keine Diskussion verlangt wird, schreite ich zur Abstimmung. (Einstimmige Annahme.)

Präsident Lesley: Ist noch ein Antrag vorhanden?

H. R. L. Humphrey: Jener des Herrn Edw. O. Sachs, dessen Schlüsse auch die Sektion B betreffen. Er lautet:

Der Kongreß beschließt:

„I. Es empfiehlt sich, bei künftigen Festigkeitsuntersuchungen von Beton und Eisenbeton, wie er in Bauwerken zur Verwendung kommt, zuverlässige Unterlagen über die Wirkung von Feuer auf diese Baustoffe bei hohen und bei mäßigen Temperaturen zu gewinnen.

II. Hinsichtlich der gewünschten Unterlagen handelt es sich insbesondere um:

1. a) Den Verlust an Festigkeit während der Erhitzung,

b) den Verlust an Festigkeit nach der Erhitzung (und zwar sowohl bei schneller Abkühlung als bei natürlicher Abkühlung,

2. a) den Wert verschiedener Zuschlagstoffe und verschiedener Mischungsverhältnisse von Portlandzement und Zuschlagstoff,

b) den Wert verschiedener Arten der Bewehrung.

III. Zur Erlangung dieser Unterlagen sollen in den verschiedenen Ländern, soweit wie möglich, auf gemeinsamer Basis Versuche vorbereitet werden, und zwar unter Zugrundelegung der „allgemeinen Normen" des British Fire Prevention Committee für Prüfungen auf Feuerbeständigkeit. Diese Normen sind auf einem internationalen Kongreß im Jahre 1903 angenommen worden und sollen, soweit es ausführbar ist, als Grundlage für die Prüfungsbedingungen dienen. Diese Bedingungen sind auch in ausgedehntem Maße bei den Versuchen der Prüfungsstation der Columbia Universität in New York und anderswo zur Anwendung gebracht.

Digitized by Google

IV. Der Vorstand des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik möge einen Ausschuß einsetzen mit dem Auftrage, alle Fragen zu behandeln, die sich aus dem Vorerwähnten ergeben, und zwar unter der Bezeichnung Ausschuß für die Feuersicherheit von Beton und Eisenbeton. Dieser Ausschuß wird ersucht, auf dem nächsten Kongreß einen Bericht zu erstatten."

Präsident Lesley stimmt ab. (Einstimmige Annahme.)

Präsident Lesley (nach kurzer Beratung mit dem Ehrenpräsidenten): Dem Präsidium sind nach Schluß der Debatte über die Raumbeständigkeitsprobe zwei darauf Bezug habende Beiträge der Herren G. Smith und Force zugegangen. Sie werden durch den Generalsekretär der neu zu wählenden Kommission überwiesen werden.

Der Brief des Herrn v. Wyrall betreffend Zurückziehung seines Berichtes wird dem Vorstande überwiesen werden. Die Diskussion über die Frage der Wirkung der Elektrolyse auf Beton wird veröffentlicht werden.

H. Prof. M. Gary: Es ist noch eine weitere Mitteilung eingelaufen über die Wirkung elektrischer Ströme auf Beton. Hierüber hat Prof. Berndt—Darmstadt eingehende Versuche im Auftrage des deutschen Ausschusses für Eisenbeton angestellt. Auch diese wird dem Vorstand zur weiteren Behandlung überwiesen.

H. Prof. M. Gary verliest ferner ein Schreiben von H. Mor. Sartori aus Budapest bezüglich Aufstellung von Bedingnissen für Gips, das gleichfalls dem Vorstande zur Stellungnahme überwiesen werden soll.

Präsident Lesley: Wir sind, meine Herren, am Schlusse. Es drängt mich, bevor wir schließen, Ihnen allen für die Güte, Nachsicht und Aufmerksamkeit, die ich als Präsident von Ihnen empfangen habe, bestens zu danken, insbesondere den Herren Prof. Gary, Prof. Schüle und Herrn Foß, die es uns allen ermöglicht haben, dem Laufe der Sitzung stets zu folgen.

Ich schließe noch einen Antrag an, dem Sie wohl alle beistimmen werden, den Antrag auf Dank für unseren Sekretär, der uns während der ganzen Sitzungen so treu beigestanden hat. (Applaus.) Und den Antrag auf Dank für das Resolutionskomitee, das uns durch seine pünktliche Arbeit die Heimreise rechtzeitig ermöglicht hat. (Allgemeine Zustimmung.)

Und nun habe ich noch zweier Männer zu gedenken, denen wir viel schulden. Der eine ist Herr Schmitt, der Obmann des Schriftenkomitees. Er hat mit viel Arbeitsaufwand die Übersetzungen und die

Digitized by Google

Auszüge gemacht. Mit dem Dank an Herrn Schmitt verbinde ich den Dank für Herrn Wight, den Obmann des Kongreßkomitees, dem wir den guten Verlauf des Kongresses verdanken, diese Räume, unsere Frühstücke, unsere Bedienung und die Aufmerksamkeiten, die uns entgegengebracht wurden. (Lebhafter Applaus.)

Wir haben, meine Herren, einer für alle, für Amerika, Deutschland, Frankreich, Norwegen, Rußland und alle Länder, die hier vertreten waren, einträchtig ein großes Stück Arbeit geleistet. Ich danke Ihnen nochmals und hoffe, daß sie ein gutes, bleibendes Andenken mit nach Hause nehmen.

H. R. L. Humphrey: Meine Herren! Ich glaube, es ist nicht recht, daß unser Präsident, der diese Sitzungen in so angenehmer und gütiger Art geleitet hat, sie mit dem Danke an uns schließt. Ich will seine Leistungen nicht hervorheben, das Werk spricht für sich selbst. Wir waren alle Zeugen der genialen und liebenswürdigen Art, mit der er die Sitzungen leitete, und ich bitte Sie, sich zum Zeichen der Dankbarkeit zu erheben. (Lauter Applaus.)

Als Mitglied des Organisationskomitees, das das Glück hatte, dem Kopenhagener Kongreß beigewohnt zu haben, drängt es mich, Ihnen im Namen meiner Kollegen für Ihr Kommen zu danken. Wir haben versucht, Ihnen den Aufenthalt möglichst angenehm zu machen und wir hoffen, daß Sie zufriedengestellt sind und daß Ihr Aufenthalt in Amerika angenehm und nützlich verlaufen ist. (Langanhaltender Beifall.)

Präsident Lesley schließt die Sitzung.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXI$_1$

VERSUCHE MIT ZYLINDERÖLEN FÜR ÜBERHITZTEN DAMPF.

Von **Em. Camerman**, Brüssel,

Direktor des «Service des essais» der Belgischen Staatsbahnen.

A. Es ist klar, daß das Öl bei der Überhitzungstemperatur zum größeren Teil flüssig, d. h. schmierfähig bleiben muß; die Menge der flüchtigen Teile, welche bei dieser Temperatur für die Schmierung verloren gehen, muß begrenzt sein.

B. Es heißt, daß gewisse Öle oder Fette tierischen oder pflanzenhaften Ursprungs den mineralischen Ölen hohes Schmiervermögen erteilen; bei der Überhitzungstemperatur jedoch und unter dem Einflusse des Dampfes verwandeln sich diese in fette Säuren und können dann, als Schmiermittel verwendet, auf die Metalle schädlichen Einfluß nehmen. Aus diesem Grunde muß das zuzulassende Mischungsverhältnis ein begrenztes sein.

C. Die für Überhitzung bestimmten Öle werden bei der Erzeugung durch fraktionierte Destillation gewonnen, die den Zweck hat, gewisse, teils zu flüchtige, teils zu sehr mit Paraffin beschwerte und den teerartigen Rückständen (Bitumen) nahverwandte Bestandteile auszuscheiden.

Die im Handel als Mineralöl-Teer vorkommenden teerartigen Rückstände wurden in meinem Laboratorium analysiert; man konnte daraus noch ölige Flüssigkeiten gewinnen, doch fühlen sich dieselben sehr klebrig an, nach Art des Kolophoniums; der Erzeuger muß sich bei der fraktionierten Destillation so weit als möglich von jenem Punkt entfernt halten, wo nur teerartige Rückstände oder Bitumen zurückbleiben. Diese Bedingung wird erfüllt, wenn von diesen Stoffen nur Spuren im Öl toleriert werden.

Digitized by Google

D. Starke Viscosität bei verhältnismäßig niedriger Temperatur ist im allgemeinen auf die schlecht schmierenden Paraffinarten zurückzuführen, deren Vorkommen vermieden werden soll.

E. Man muß sich vergewissern, daß der flüssige Teil eines Zylinderöles, das der Menge nach entsprechend Punkt A garantiert sein muß, auch der Qualität nach jener Ölsorte gleichwertig ist, welche praktisch entspricht; unter Qualität verstehen wir das mittelst einer bei höchstmöglicher Temperatur mit großer Genauigkeit funktionierenden Maschine (wie die Martens'sche) bestimmte Schmiervermögen.

Die Maschine des Herrn Martens, Direktor des Materialprüfungsamtes in Groß-Lichterfelde, beruht auf demselben Prinzip, wie jene des Professors Thurston, also darauf, daß der Reibungskoeffizient durch den Ausschlag eines über ein bewegliches Lager um die geschmierte Achse herumgeführten Pendels bestimmt wird. Er zeichnet sich aber noch durch geistreiche Einzelheiten, durch die Genauigkeit der Angaben und durch die Vollkommenheit in der Ausführung aller Teile aus.

Leider konnten wir ohne Gefahr für die Erprobungsmaschine über eine Temperatur von 125 Zentigraden nicht gehen. Es bildete nicht das Ziel der Versuche, die Verhältnisse möglichst genau nachzuahmen, die bei der Schmierung zwischen den Kolbenringen und der Zylinderwand, oder bei der Schmierung der Verteilungsschieber bestehen. Nach meinen Erfahrungen sind dies nicht die bei Überhitzung am schwierigsten zu schmierenden Teile; die stärkste Erhitzung zeigt sich vielmehr zwischen der Kolbenstange und der Zylinderstopfbüchse; die in diesem Teil herrschende Temperatur dürfte 125° C ziemlich nahekommen, soferne man die Schmierung dieser Stopfbüchse mit jener vergleichen kann, wie sie sich in der Versuchsmaschine vollzieht, speziell wenn der Versuch genau nach Punkt F, G, H durchgeführt wird.

F. Es empfiehlt sich festzustellen, ob ein Öl, welches bei mittlerem Druck gut schmiert, auch genügendes Adhäsionsvermögen besitzt, um nicht bei höherem Druck herausgetrieben zu werden. Manche Öle können unter normalen Verhältnissen eine Zeit lang ganz entsprechend schmieren, sie können aber trotzdem derart beschaffen sein, daß sie Warmlaufen zulassen, sobald aus irgendwelchen Gründen ein anormaler Druck oder eine sonstige anormale Beanspruchung eintritt. Ein derartiger Zwischenfall würde bei jenen

Digitized by Google

Ölen, welche auf der Versuchsmaschine bei hohem Druck ein gutes Schmiervermögen zeigten, ohne Folgen vorübergehen; meine Versuche haben aber gezeigt, daß das Lager bei manchen Ölen, deren Verhalten während zwei Stunden unter mittlerem Druck ein gutes war, d. h. bei welchen sich das Lager unter dem Einfluß der Reibung nur um einige Millimeter fortziehen ließ, bei Eintritt eines höheren Druckes (dem andere Öle standhielten) durch den Drehzapfen jäh mitgenommen wurde, das Anzeichen einer Adhäsion, die zum Schwinden des Öles führen würde.

G. Es ist gut, während des Versuches darauf zu sehen, daß die Schmierbüchse, welcher die Ölversorgung obliegt, stets gefüllt ist; es empfiehlt sich auch, den Ölverbrauch zu messen. Ein schwacher Verbrauch deutet auf die Eigenschaft des Öles, sich nur schwer austreiben zu lassen und kennzeichnet sein Adhäsionsvermögen an den Reibungsflächen.

H. Es ist angezeigt, am Umfange des Versuchsapparates eine lineare Geschwindigkeit einzuhalten, die der Geschwindigkeit der Kolbenstange, die im Betriebe geschmiert werden soll, gleichkommt. Manche Öle, die bei stationären Maschinen mit linearen Geschwindigkeiten von 0·8 m pro Sekunde sich gut bewähren, sind ganz unzureichend bei Geschwindigkeiten, die sechs- bis siebenmal so groß sind, wie sie bei kräftigen Lokomotiven vorkommen.

Zweiter Teil.

Methoden, um die im ersten Teil unter A, B, C, D, E, F, G, H angeführten Qualitäten festzustellen.

A. Die durch Dampf von überhitzter Temperatur entzogene Menge Öles kann durch den Destillationsapparat von Nicolas*) bestimmt werden, welcher in meinem Laboratorium ausgedacht (konstruiert) und gelegentlich des Kongresses zu Kopenhagen (Mitteilung vom 10. Februar 1910, Nr. 15) besprochen wurde.

B. Um die Ölmenge tierischen oder vegetabilischen Ursprungs zu ermitteln, wiegt man ungefähr 10 Gramm derselben, löst sie in 30 cm^3 gut neutralisiertem Äther, setzt 25 cm^3 $^1/_2$ N. alkoholische Kalilösung, ferner noch 25 cm^3 Alkohol zwecks besserer Verdünnung

*) Die folgenden Untersuchungen sind gleichfalls durch Herrn Nicolas mit größtem Erfolg durchgeführt worden. Sie sind auch zum größten Teile seiner Initiative zuzuschreiben.

Digitized by Google

zu, schüttelt die Mischung gut durch, erwärmt dieselbe durch fast zwei Stunden und verfolgt sodann mit einem Soxhlet-Apparat (Wechselkühlung) den gleichen Vorgang, wie bei der Bestimmung des Verseifungsgrades. Nach zwei Stunden fügt man Wasser hinzu und titriert die verbrauchte Potasche, indem man sich des Phenolphtaleïns als Indikator bedient. Die Titrierung geschieht im Wasser, das sich vom Öle abscheidet. Die Flasche lasse man vorsichtshalber nicht unbedeckt, damit die alkalische Titrierungsflüssigkeit sich nicht mit Kohlensäure verbinde; wenn die rote Färbung verschwunden ist, schüttle man die Mischung gut durch, damit die alkalischen Teile, die als Emulsion im Öl geblieben sind, angegriffen werden; sobald dann die Flüssigkeit sich rötet, setze man die Sättigung fort.

Die Indikatorzahl des größten Teiles der Fette, wie des Talgs, die zur Mischung mit Mineralölen geeignet sind, ist nahe an 200, d. h. daß ein Gramm dieser Fette bei Titrierung ungefähr 200 Milligramm Kaliumhydroxyd erfordert.

Wenn wir wissen, daß 200 Milligramm Kaliumhydroxyd einem Gramm Fett entsprechen, können wir leicht durch die während der Reaktion aufgenommene Potaschemenge das Fettquantum bestimmen.

C. Die quantitative Bestimmung des Bitumens erfolgt durch die Holde'sche Methode; ein kleines Quantum Öl wird in dem vierzigfachen Quantum Normalbenzin aufgelöst, wobei die Dichte der letzteren zwischen 0·695 und 0·705 betragen muß. Nach 24 Stunden wird der Niederschlag mittels Filter entnommen, in Benzol gelöst und nach Verdampfung des Lösemittels gewogen.

D. Die Viscosität wird mit dem Engler'schen Viscositätsmesser bei möglichst niedriger Temperatur bestimmt. Es ist wünschenswert, 50° C. nicht zu überschreiten. Bei dieser Temperatur erzielte starke Viscosität betrachten wir als ungünstig. Dagegen ist hohe Viscosität bei einer Temperatur von 150 Centigraden als günstig anzusehen.

E. F. G. H. Es ist angezeigt in der Versuchsmaschine eine auf dem Umfange des Drehzapfens lineare Geschwindigkeit herzustellen die jener der Kolbenstange gleichkommt, die vom Öl wesentlich geschmiert werden soll. Gewisse Öle entsprechen sehr gut bei stabilen Maschinen für Geschwindigkeiten von z. B. 0·8 m per Sekunde, zeigen sich aber als ganz minderwertig bei 6—7 mal größeren Geschwindigkeiten, wie sie bei kräftigen Lokomotiven

Digitized by Google

auftreten. Diese Bestimmungen lassen sich bei praktischer Kenntnis der Martens'schen Maschine ohne weiteres mit derselben durchführen.

Was die speziellen Bedingungen für Lieferung von Zylinderöl anbelangt, so nehme man am besten ein Schmiermittel, welches die besten praktischen Ergebnisse geliefert hat und bestimme die Ziffern, die damit bei den oben beschriebenen acht Proben gefunden wurden, die als Maßstab dienen können.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXI 2

ÜBER DIE PRAKTISCHE BESTIMMUNG DER VISKOSITÄT (ZÄHIGKEIT) VON ÖLEN.

Von Kapitän **Leonardo Fea** im Generalstab des Marineministeriums in Rom.

(Übersetzt von B. Fleischmann.)

Die wichtigste physikalische Eigenschaft der in der Industrie als Schmiermittel zur Verwendung kommenden mineralischen und vegetabilischen Öle ist ohne Zweifel ihre Viskosität, d. h. ihr innerer Reibungskoeffizient, weil hievon bekanntlich ihr Schmiervermögen zum größten Teil abhängig ist. Es ist auch bekannt, daß die Viskosität nicht nur eine Funktion der Maschinentype zu sein hat, für welche das Öl bestimmt ist, sondern auch des speziellen Maschinenteiles, welchen das Öl zu schmieren hat.

Diese physikalische Eigenschaft muß den Gegenstand systematischer Studien seitens jener bilden, die sich mit der Konstruktion von Betriebsmaschinen befassen, Studien, die mit verläßlichen Behelfen durchgeführt werden müssen, um nicht mangelhafte Resultate zu liefern. Es ergibt sich daraus die Notwendigkeit, die verschiedenen Versuchsmethoden zu prüfen und zu vergleichen, um festzustellen, welche von den zu wissenschaftlichen und kommerziellen Zwecken in Gebrauch stehenden Verfahren am besten den folgenden Anforderungen zu entsprechen vermag:

1. Genauigkeit.
2. Leichtigkeit und Raschheit des Vorganges.

Ein solcher Vergleich wurde vom »Laboratorio Metrico del R. Arsenale«, Spezia, durchgeführt und bildet den Gegenstand dieses mit Genehmigung des Marineministeriums verfaßten Berichtes.

Digitized by Google

Bei Messung der inneren Viskosität kann man nach zwei verschiedenen Grundgesetzen vorgehen: nach dem von Petroff, das durch die Amerikaner Sayder und Cessan erweitert, sich auf die Reibung zweier Flächen mit schmierender Zwischenlage bezieht, oder nach jenem von Poiseuille, das, durch Helmholtz mathematisch bewiesen, sich auf den Ausfluß einer Flüssigkeit aus einer Röhre gründet; ersteres erscheint in folgenden Formeln zusammengefaßt (II):

$$\varphi = \eta \frac{v}{p\ c} \qquad (1)$$

$$V = \frac{\pi}{8\eta} \frac{R^4 p}{l} t. \qquad (2)$$

wobei

φ = Reibungskoeffizient zwischen zwei Oberflächen,
r = innerer Reibungskoeffizient oder Viskosität,
v = Geschwindigkeit der beiden Oberflächen,
p = Spezifischer Druck,
c = Konstante,
V = Volumen,
R = Radius des Ausflußröhrchens,
l = Länge des Ausflußröhrchens,
t = Dauer des Ausflusses in Sekunden.

Diese Gesetze wurden erst in jüngster Zeit auf analytischem Wege durch Professor Cavalli der kgl. Universität in Neapel glänzend bewiesen, und zwar gleichsam als Bestandteile der allgemeinen Gesetze über die Reibung flüssiger Körper.

Die auf der Formel (1) beruhenden Apparate sind dieselben, die zur Bestimmung des Reibungskoeffizienten zwischen zwei Flächen dienen; im kgl. Arsenal zu Spezia wurden die Proben mit einer Goodmann-Maschine durchgeführt (Fig. 11). Bei dieser wird bekanntermaßen die Reibungskraft gemessen, die sich zwischen einem Lager und einer rotierenden Welle entwickelt: auf solche Art ist es, sofern der spezifische Druck p und die Geschwindigkeit v konstant erhalten werden, möglich, die Größe η der Formel (1) zu bestimmen. Die Maschine besteht der Hauptsache nach aus einer horizontalen Achse, die auf vier Rädern von großem Durchmesser aufruht und durch einen elektrischen Gleichstrommotor bewegt

Digitized by Google

wird, dessen durch einen Momentpräzisionszähler konstatierbare Umdrehungszahl innerhalb sehr weiter Grenzen reguliert werden kann. Auf der Achse ruht ein Lager aus Weißmetall, das durch ein bestimmtes, konstant bleibendes Quantum Versuchsöl, welches vor Beginn des Versuches in den Apparat gebracht wird, geschmiert wird.

Der Druck des Lagers ist mittels eines Bügels mit veränderlichem Gewicht regulierbar. Dieser Bügel drückt durch eine Parallelogrammtransmission auf die Lagerschale, ohne das Reibungswiderstandsmoment zu beeinflussen, welch letzteres durch ein auf einem Hebel sitzendes Laufgewicht ausgeglichen wird. Während der Proben wurden sukzessive die Temperaturen und Reibungskoeffizienten in kurzen Intervallen erhoben, und zwar für eine hinreichende Gesamtdauer, um grundsätzliche Bestimmungen aufzustellen. Wir betonen dies, weil sich bei nicht genügend langandauernden Untersuchungen ganz falsche Resultate ergeben können.

Um nun weiter von der Größe φ zur Größe η zu gelangen, d. h. zur absoluten Messung der inneren Viskosität, wäre es erforderlich, die Größe c der Formel 1 zu kennen; jedoch mit Rücksicht auf die Schwierigkeit, dieselbe genau zu berechnen, und auf ihre mit jeder Änderung der Schmierschichtstärke einhergehende Veränderlichkeit, schien es angezeigter, bei der Größe φ zu bleiben und diese in Betracht zu ziehen.

Die zweite dem Arsenal zur Verfügung stehende Methode, jene nach Dettmar (Fig. 10), beruht auf einem Prinzip, welches mit dem Petroffschen verwandt ist: zwei Gewichte, welche an den Enden einer Achse befestigt sind, die auf einer mit Ringschmierung versehenen, mit einem bestimmten Quantum von Probeöl ausgestatteten Lagerschale aufruht, werden mittels eines Elektromotors in rasche Drehung versetzt; sobald die Winkelgeschwindigkeit konstant ist und bei zirka 1200 Umdrehungen in der Minute, stellt man den Motor ab, so daß sich die Gewichte nur infolge der Trägheit weiter bewegen; sodann wird die bis zum Stillstand erforderliche Zeit bestimmt und darnach der Reibungskoeffizient des Probeöles gefunden:

$$\varphi = k_1 \frac{n}{T} \qquad (3)$$

wobei

k_1 = Konstante des Apparates,
n = ursprüngliche Zahl der Umdrehungen,
T = Zeitdauer in Sekunden bis zum Stillstand.

Digitized by Google

Die Bestimmung der Konstante k_1 bietet bedeutende Schwierigkeiten, besonders deshalb, weil dieselbe eine Funktion der Dicke der Ölschichte ist, die man während der einzelnen Versuche nur sehr schwer konstant zu erhalten vermag. Da schon eine Differenz von $^1/_{1000}$ mm die Ergebnisse fälschen kann, erscheint es angezeigt, sich im allgemeinen mit der Bestimmung von T und n zu begnügen; die daraus resultierenden Werte würden sonach bei k_1 = Konstante im umgekehrten Verhältnis zum Reibungskoeffizienten stehen.

Die Goodmann-Maschine und der Dettmar-Apparat gehören zur erstgenannten Type, während die Apparate „Pagliani" und „Engler" der zweiten zuzuzählen sind. Der Apparat des Prof. Pagliani erscheint genau nach den Grundregeln von Poiseuille aufgebaut; nach der Formel 2) erhält man η, wenn die konstanten Elemente bekannt und die Größen „p" „t" und „v" genau bestimmt sind. Es ist einer der wenigen Apparate, die eine genaue Messung von η ermöglichen und dies mit wünschenswerter Leichtigkeit und Sicherheit; die Poiseuilleschen Gesetze sind nur auf bestimmte Verhältnisse von Länge und Durchmesser des Ausflußröhrchens anwendbar und das nur, wenn der Druck nach aufwärts streng konstant bleibt: das Paglianische Ausflußröhrchen trägt dem vollkommen Rechnung. Der Apparat (Fig. 12) besteht aus zwei Teilen, einem, der dazu dient, den Druck in der Flüssigkeitssäule konstant zu erhalten, und einem zweiten, dem eigentlichen Ausflußröhrchen. Es ist dies ein kapillarähnliches horizontales Röhrchen von zirka 30 cm Länge, das an den Enden mit zwei vertikalen in Grade geteilten Röhren von größerem Durchmesser verbunden ist und so mit denselben ein U-förmiges Rohr bildet. Bei dem Versuche läßt man nun ein bestimmtes Flüssigkeitsquantum (5—10 cm^3) aus dem einen vertikalen Rohr unter einem in dem ersten Teil des Apparates erzeugten Druck in das andere dringen. Der Druck wird durch eine Wassersäule von konstanter Höhe erzeugt, welche auf einen zweiten Rezipienten von größerem Durchmesser als jener des Ausflußröhrchens wirkt, und zwar derart, daß die während des Versuches auftretenden Niveauunterschiede, die sich auf wenige Zehntelmillimeter pro Meter der Drucksäule reduzieren, vom praktischen Standpunkte vernachlässigbar sind.

Das U-förmige Rohr befindet sich in einem Rezipienten, in welchem die Temperatur in beliebiger und einheitlicher Weise ge-

Digitized by Google

ändert werden kann. Verschiedene andere, mit Sorgfalt erdachte Details ergänzen den Apparat und verleihen ihm eine einfache und sichere Gebrauchsfähigkeit. Ein besonderer Vorteil ist es, daß mit derselben Probe nacheinander Versuche durchgeführt werden können, ohne irgendeinem Teil des Apparates bewegen zu müssen.

Der Viskosimeter von Engler ist zu bekannt, um hier beschrieben werden zu müssen; es sei nur bemerkt, daß derselbe die Anwendung der Poiseuilleschen Gesetze nicht ermöglicht, weil die Dimensionen des Ausflußröhrchens mit jenen, die eine Anwendung dieser Gesetze erlauben, nicht übereinstimmen und der Ausflußdruck im Verlauf des Versuches variiert. Der Viskosimeter liefert sonach nur Vergleichsmöglichkeiten zwischen den verschiedenen Ölarten untereinander sowie zwischen ihnen und Wasser von 20°.

Die im folgenden besprochenen Versuche umfassen solche, die das Verhältnis zeigen zwischen den Ergebnissen der Goodmann-Maschine und jenen des Dettmar-Apparates, ferner zwischen den Ergebnissen des Paglianischen Apparates und des Engler-Viskosimeters und schließlich zwischen den Ergebnissen aller vier Prüfungsarten festlegen.

In den Tabellen I und II und den Schaubildern (Figuren 1, 2 und 3) sind die mit dem Dettmar- und Goodmann-Apparat bei drei Arten von Schmierölen (A, B, C) von nachstehend angegebener Beschaffenheit gewonnenen Versuchsergebnisse dargestellt.

Bezeichnung	A	B	C
Spezifisches Gewicht bei 15° C. .	0·878	0·875	0·920
Widerstand bei — 5° C	fest	fest	nicht fest
Wasser in Prozenten	0·00	0·14	0·00
Siedetemperatur	—	240°	250°
Asche	0·00	0·00	0·00
Säure in Prozenten[1])	0·1	0·05	0·6
Entzündlichkeit (Flammpunkt) . .	—	195°	—
Verseifende Bestandteile Prozent .	Spuren	Spuren	9

Im Diagramm der Goodmann-Maschine erscheinen die Reibungskoeffizienten und Temperaturen als Funktion der Ge-

[1]) Als ölige Säure nach der Geißler'schen Methode berechnet.

Digitized by Google

schwindigkeit des Achslagers nach einstündigem Versuch (Fig. 3 zeigt den Vorgang mit den einzelnen Proben nach Goodmann), während bei jeder Probe bei dem Dettmar-Diagramm die Zeiträume auf die Temperaturen bezogen wurden. In der folgenden Tabelle I sind die Daten der Dettmar'schen Proben zusammengefaßt.

Tabelle I.
Versuche mit dem Apparat von Dettmar.

	A	B	C
Temperatur ° C	Zeit in Sekunden	Zeit in Sekunden	Zeit in Sekunden
20	182	169	153
25	195	180	161
30	208	192	169
35	221	203	177
40	234	214	185
45	247	225	193
50	260	236	201
55	273	247	209
60	286	258	217
65	299	269	225
70	312	280	233

Aus dieser Tabelle geht klar hervor, daß die Zeiten der Bewegungsverzögerung lineare Funktionen der Temperatur sind. Die Zeitzunahme in Sekunden, bezogen auf 1° C, beträgt bei den drei Ölgattungen

A	B	C
2''6	2''2	1''6

d. h. der Einfluß der Temperatur ist bei dickflüssigerem Öl größer, was ja nur natürlich erscheint. Die Viskosität jedoch ist keine analytische Funktion der Temperatur, so daß das Verhältnis zwischen diesen Ergebnissen und dem absoluten Wert der Viskosität nur ein empirisches sein kann; bestenfalls kann es als relative Größe betrachtet werden. Tatsächlich liefert der Koeffizient k_1 der Formel 3 den Wert für den Vergleich mit einem als Muster verwendeten Öle.

In der Tabelle 2 erscheinen die Daten der Goodmannschen Proben mit drei verschiedenen Umfangsgeschwindigkeiten von 143·3, 238·65, 381·82 Millimetern (entsprechend 300, 500 und 800

Digitized by Google

Tabelle II.

Versuche mit dem Apparat von Goodmann.

Öl A		Öl B		Öl C	
Temper. C°	Reibungs-koeffizient	Temper. C°	Reibungs-koeffizient	Temper. C°	Reibungs-koeffizient
300 Umdrehungen					
40°	0·304	40°	0·314	40°	0·334
45°	0·297	45°	0·292	45°	0·328
50°	0·286	50°	0 280	50°	0·320
55°	0·277	55°	0·271	55°	0·310
60°	—	60°	0·271	60°	0·294
65°	—	65°	—	65°	0·282
70°	—	70°	—	70°	—
500 Umdrehungen					
40°	0·315	40°	0·277	40°	0·320
45°	0·309	45°	0·274	45°	0·310
50°	0·300	50°	0·267	50°	0·303
55°	0·295	55°	0·263	55°	0·297
60°	0·288	60°	0·260	60°	0·291
65°	0 275	65°	0·257	65°	0·281
70°	0·272	70°	0·257	70°	0·278
800 Umdrehungen					
40°	0·300	40°	0·303	40°	0·309
45°	0·294	45°	0·302	45°	0·297
50°	0·292	50°	0·300	50°	0·291
55°	—	55°	0·297	55°	0·286
60°	0·285	60°	0·295	60°	0·280
65°	0·280	65°	0·291	65°	0·275
70°	0·273	70°	0·286	70°	0·274

Digitized by Google

Tabelle III.

Viskosität auf Grund des Viskosimeters Engler mit Bezug auf Wasser von 20° C.

Öl	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°
B	18·60	12·70	9·30	7	5·50	4·40	3·60	3	2·50	2·20	1·95	1·80
G	34	23·80	17·60	13·60	10·50	8·30	6·50	5·30	4·40	3·70	3·20	2·90
H	29·1	19·90	13·20	9·50	7·20	5·60	4·60	3·70	3·10	2·60	2·30	2·10
J	—	25·70	18·30	13·90	10·80	8·60	6·80	5·70	4·70	3·90	3·40	3·00
K	—	27·40	19·—	14·50	11·30	9	7·25	5·80	4·80	4	3·50	3·05
Q	—	25	17·60	13·30	10·40	8·20	6·50	5·30	4·40	3·70	3·20	2·80
T	27	17·50	11·90	8·70	6·80	5·35	4·40	3·60	3·10	2·60	2·30	2·10
Y	9·20	7·30	5·80	4·75	4	3·50	3·05	2·80	2·50	2·30	2·25	2·20
Z	20·50	14·50	10·90	8·60	6·90	5·70	4·70	4	3·40	3	2·65	2·50

Tabelle IV.

Reibungskoeffizienten auf Grund der Goodmannschen Maschine.
Umdrehungsgeschwindigkeit 2·58 m/sek., Einheitsdruck 27·33 kg pro cm².

Öl	40° C	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°
B	0·0513	0·0452	0·0408	0·0379	0·0360	0·0350	0·0346	0·0343	—
G	0·0664	0·0624	0·0586	0·0545	0·0514	0·0484	0·0456	0·0434	0·0419
H	0·0612	0·0544	0·0486	0·0440	0·0408	0·0388	0·0376	0·0372	0·0370
J	0·0572	0·0541	0·0510	0·0482	0·0456	0·0438	0·0424	0·0418	0·0416
K	0·0484	0·0456	0·0425	0·0400	0·0482	0·0370	0·0362	0·0358	—
Q	0·0664	0·0620	0·0580	0·0540	0·0504	0·0468	0·0440	0·0420	0·0408
T	0·0454	0·0422	0·0400	0·0382	0·0372	0·0366	0·0364	0·0362	—
Y	0·0504	0·0455	0·0412	0·0486	0·0368	0·0354	0·0350	0·0348	—
Z	0·0465	0·0418	0·0380	0·0354	0·0336	0·0324	0·0318	0·0316	0·0312

Tabelle V.

Viskosität bestimmt mit dem Apparat von Pagliani in $^1/_{10}{}^5$ Gramm.

Öl	25° C	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°
B	139	101	76	58	46	36	28	23	18	16	13	12
G	270	196	144	110	84	67	53	42	35	28	24	21
H	238	160	112	83	65	50	39	32	25	21	18	16
J	316	223	157	116	87	68	53	42	35	28	24	21
K	332	240	172	128	96	75	59	46	38	32	26	23
Q	294	210	153	114	85	67	53	42	34	27	23	19
T	218	148	104	77	59	46	36	29	23	19	16	15
Y	74	58	47	40	32	28	24	21	18	16	14	14
Z	174	129	76	58	46	36	27	23	19	16	13	12

Digitized by Google

Umdrehungen) zusammengefaßt; der spezifische Druck beträgt stets 2·74 kg pro Quadratzentimeter.

Um die Ergebnisse bei Dettmar mit jenen bei Goodmann zu vergleichen, haben wir die Zeiten und Reibungskoeffizienten bei den gleichen Temperaturen nach einer Stunde Prüfungsdauer aufgenommen. Bei einer Temperatur von 70° ergaben sich:

A: Zeitdauer in Sekunden 310; Reibungskoeffizient [1])0 250
B: „ „ „ 280; „ 0·262
C: „ „ „ 230; „ 0·266

Diese qualitative Übereinstimmung besteht auch in allen anderen Fällen.

Bessere Resultate erhält man, wenn man die Reibungskoeffizienten, die sich bei einer einzigen Probe bei den aufeinanderfolgenden Temperaturen ergeben, den Dettmarschen Ergebnissen gegenüberstellt. Fig. 4 zeigt diese Werte in ihrer gegenseitigen Beziehung; man ersieht daraus, daß das Verhältnis bei jeder Ölsorte ein lineares ist, und zwar derart, daß die Zeiten bei Dettmar proportional der Viskosität sind. Dieses Verhältnis ändert sich jedoch bei jeder Ölsorte, so daß hiefür eine allgemeine Formel nicht abgeleitet werden kann. Wohl ist dies, wie wir sehen werden, bei den Ergebnissen von Pagliani und Engler möglich.

Wir können jedoch feststellen, daß der Dettmar-Apparat uns auf rasche Art und Weise bestimmte Angaben über das Verhalten der schmierenden Öle und speziell über ihre Viskosität zu liefern vermag, wobei er auch in verhältnismäßig kurzer Zeit die Durchführung einer ganzen Reihe von Proben bei verschiedenen Temperaturen gestattet. Worüber er uns jedoch nicht Bescheid sagt, das ist sowohl das Verhalten bei verschiedenem Druck wie auch die Temperaturzunahme mit der Zeit, Angaben, welche nur die Goodmann-Maschine liefert. Wenn wir uns sonach auf die qualitativen Untersuchungen der Viskosität beschränken, dann bietet uns der Dettmar-Apparat bedeutende Vorteile und verläßliche Resultate für jenen Druck, unter welchem er arbeitet (zirka 3 kg/cm²).

Was die Berechnung des absoluten Wertes der Viskosität anbelangt, so bieten hiefür wie schon gesagt, beide Systeme bedeutende Schwierigkeiten. Von der Formel 1) ausgehend, muß man bei der Goodmann-Maschine die Größe c genau kennen, die bei

[1]) Die Werte der Reibungskoeffizienten sind mit Rücksicht auf den verwendeten niedrigen spez. Druck (2·47 kg pro cm²) besonders hoch.

Digitized by Google

neuen Lagern, glatten Oberflächen und konstantem, über die ganze gebogene Lagerfläche gleichmäßig verteiltem Druck sich folgendermaßen ergibt:

$$c = s + \frac{\eta_l}{c_1} + \frac{\eta_l}{c_2}$$

wobei s die Dicke der schmierenden Schichte, c_1 und c_2 die Reibungskoeffizienten des Schmiermittels mit den beiden reibenden Metallen und η_l die innere Viskosität bedeuten. Beim Dettmar-Apparat dagegen liegt die Schwierigkeit in der Bestimmung der Konstante k_1 der Formel 3).

Nach der Pagliani-Methode sind jedoch genaue Angaben in betreff der Viskositätskoeffizienten möglich. Um die Ergebnisse ersichtlich zu machen, wurden die Resultate von Untersuchungen gewählt, die mit einer Reihe von zur Außenschmierung von Dampfmaschinen bestimmten Ölen verschiedener Provenienz erzielt worden waren. Die physikalischen Eigenschaften erscheinen in der folgenden Tabelle wiedergegeben:

Dichte bei 15° C		Wasser %	Seifiger Bestand	Säure	Flammpunkt	Siedepunkt
B	0·909	0·232	Spuren	0·060	212·5° C	294° C
G	0·931	0·127	ja	0·270	207	258
H	0·914	0·046	nein	0·045	198	7360
J	0·926	0·450	ja	—	176	360
K	0·927	0·330	ja	0·510	153	360
E	0·920	0 380	ja	0·330	193	360
T	0·908	0·161	nein	0 045	195	360
V	0·916	0·043	ja	0·300	202	360
Z	0 925	0·354	ja	0·630	192	360

Alle Öle enthielten harzartige Bestandteile in verschwindenden Mengen. Die Viskosität dieser Öle wurde nach den Methoden Pagliani, Engler und Goodmann untersucht; die Ergebnisse befinden sich in den Fig. 5, 6, 7, und in den beigefügten Tabellen III, IV und V.

Um diese verschiedenen Daten vergleichen zu können, muß man sie selbstverständlich auf die gleichen Temperaturen beziehen. Es geschah dies, indem in zwei Diagrammen in Bezug auf die Viskositätsziffern nach System Pagliani einerseits die Daten nach System Engler, andererseits die Reibungskoeffizienten nach System

Digitized by Google

Goodmann eingetragen wurden. (Siehe Diagramm, Fig. 9.) Wie ersichtlich, liegen die korrespondierenden Punkte praktisch auf einer Geraden und es können daher die einfachsten analytischen Beziehungen, die zwischen innerer Viskosität, Reibungskoeffizient und Engler-Zahl bestehen, mit hinreichender Annäherung innerhalb der Versuchsgrenzen durch folgende Formeln bestimmt werden:

$y_1 = 0{\cdot}003\ x + 0{\cdot}03$ (4)

$y_2 = 0{\cdot}420\ x + 26$ (5)

x = innere Viskosität in $^1/_{10}{}^5$ g

y_1 = Reibungskoeffizient in $^1/_{1000}$ g

y_2 = Engler-Zahl.

Diese linearen Verhältnisse gestatten den die Versuche selbst betreffenden Schluß, daß alle drei Apparate, Pagliani, Engler und Goodmann genau funktionieren und einen hinreichenden Begriff von der Viscosität eines Schmiermittels zu bieten vermögen, daß jedoch der erstere als der vollkommenste bezeichnet werden muß, weil er als einziger den theoretischen Bedingungen Rechnung trägt. Der an letzter Stelle genannte Apparat ermöglicht andererseits wieder eher ein Wechseln des Versuchsfeldes, während schließlich der Englersche Apparat es auf die leichteste und rascheste Weise gestattet, zu praktisch gut brauchbaren Resultaten zu gelangen.

Was die Theorie anbelangt, so bestätigt die Gleichung 5, daß der Reibungskoeffizient als lineare Funktion der Viskosität angesehen werden kann.

Zusammenfassung.

Zahlreiche Proben mit verschiedenen Qualitäten von Ölen zur Außenschmierung von Schiffsmaschinen, die zu Vergleichszwecken der verschiedenen Prüfungsmethoden für die Bestimmung der Viskosität mit diversen Apparaten nach den Gesetzen von Petroff (Maschine von Goodmann und Dettmar) und jenen von Poiseuille (Viskosimeter von Pagliani und Engler) durchgeführt wurden, ermöglichen es, innerhalb der Erfahrungsgrenzen folgende Grundsätze aufzustellen:

1. Die mit der Goodmannschen Maschine erzielten Resultate sind die vollständigsten, weil das Versuchsfeld in den weitesten Grenzen verändert werden kann. Wenn auch dieser Apparat eine direkte absolute Wertbestimmung der Viskosität nicht ermöglicht, so können doch die betreffenden Resultate als einer absoluten

Digitized by Google

Messung gleichwertig bezeichnet werden, da sie an die Viskosität durch ein konstantes Lineargesetz gebunden sind.

2. Die mit dem Apparat von Dettmar erzielbaren Angaben gestatten einen raschen Vergleich der Viskositäten verschiedener Öle, ohne jedoch den absoluten Wert zu bestimmen. Die derart gefundenen Werte sind durch keinerlei konstantes Gesetz an die Reibungskoeffizienten gebunden.

3. Der Viskosimeter von Pagliano, welcher das absolute Maß der Viskosität liefert, und jener von Engler, der nur ein relatives Maß hievon gibt, führen beide zu übereinstimmenden Resultaten; es besteht zwischen denselben ein lineares Verhältnis.

4. Die Probeergebnisse bestätigen nochmals, daß bei gleicher peripherischer (Umfangs-)Geschwindigkeit und gleichem Druck der Reibungskoeffizient eine lineare Funktion der Viskosität ist.

Digitized by Google

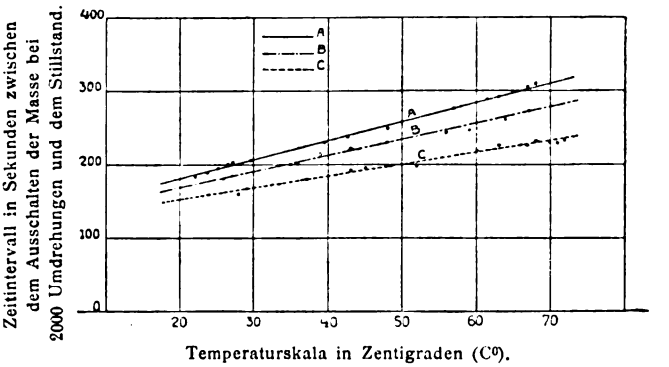


Fig. 1.

Öl-Proben, ausgeführt mit dem Apparate von Dettmar.
Spezifischer Druck auf das Lager zirka 3 kg per cm².
Größte Umdrehungsgeschwindigkeit im Moment des Ausschaltens 2000 Umdrehungen.
Größte peripherische Geschwindigkeit per Minute im Momente des Ausschaltens 157.

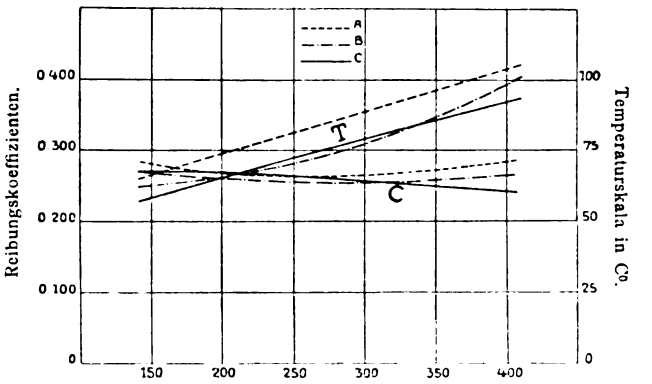


Fig. 2.

Reibungsversuche mit Mineralölen auf der Goodmann-Maschine.
Specifischer Druck auf das Lager 2·74 kg per cm².

C = Reibungskoeffizienten.
T = Temperaturen.

Digitized by Google

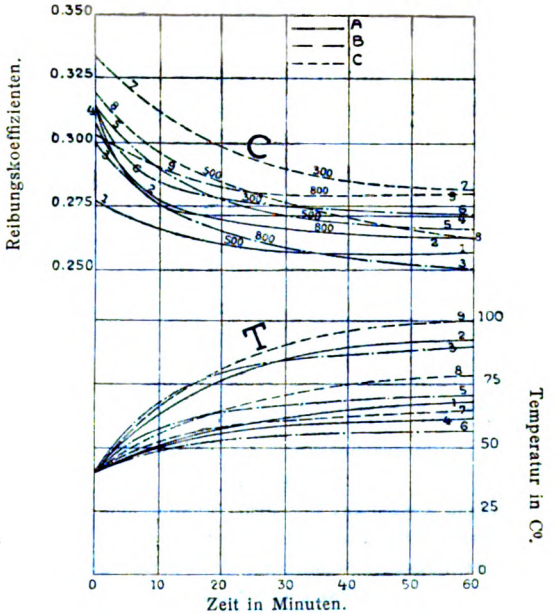


Fig. 3.

Proberesultate mit der Goodmann-Maschine.
Reibungskoeffizienten und Temperaturen.
C = Reibungskoeffizienten. — T = Temperaturen.

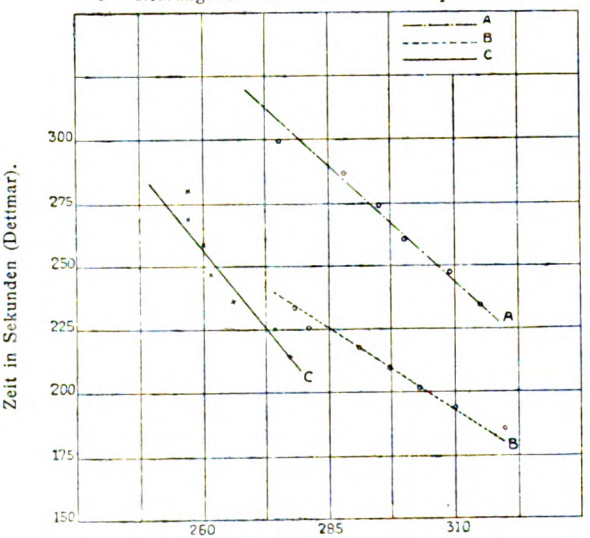


Fig. 4.

Verhältnis zwischen Reibungskoeffizienten (Goodmann) und Zeiten (bei der Maschine von Dettmar).
Reibungskoeffizient (Goodmann).
Spezifischer Druck 2·74 kg, peripherische Geschwindigkeit 238·66 m pro Minute.

Digitized by Google

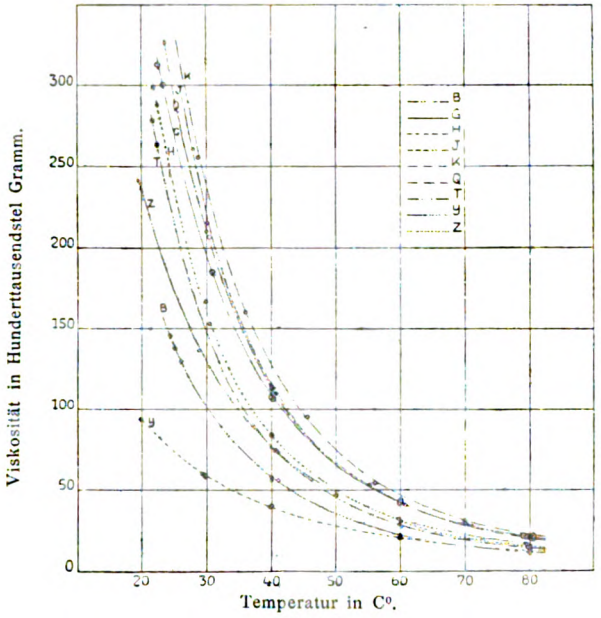


Fig. 5.

Proben mit Mineralölen für Schiffsmaschinen für Außenschmierung durchgeführt mit dem Viskosimeter Pagliani.

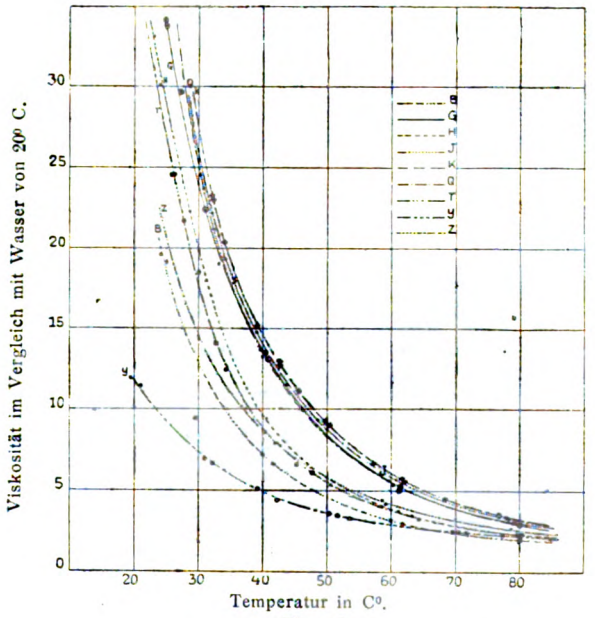


Fig. 6.

Proben mit Mineralölen für Schiffsmaschinen (Außenschmierung) durchgeführt mit dem Viksosimeter Engler.

Digitized by Google

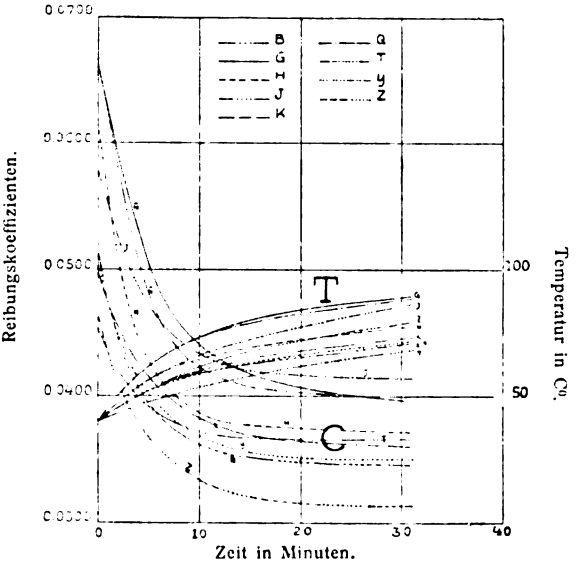


Fig. 7.

Proben mit Mineralölen für Schiffsmaschinen (Außenschmierung) durchgeführt mit der Maschine von Goodmann.
Peripherische Geschwindigkeit der Achsen 131.250 m per Minute.
C = Reibungskoeffizient. — T = Temperatur in Zentigraden.

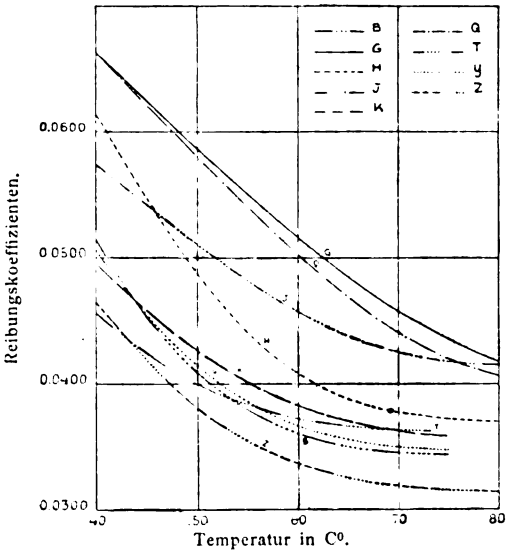


Fig. 8.

Proben mit Mineralölen für Schiffsmaschinen (Außenschmierung) durchgeführt mit der Maschine von Goodmann.
Spez. Druck auf das Lager 27·33 kg per cm².

Digitized by Google

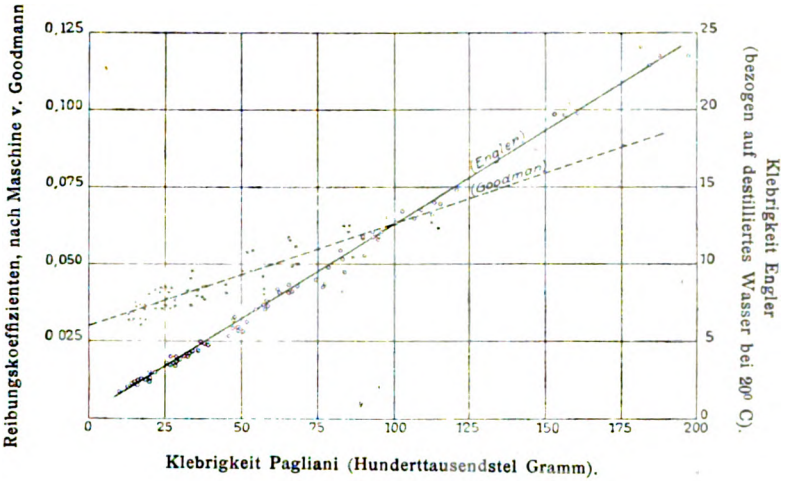


Fig. 9.

Beziehungen zwischen den mit den Viskosimetern Engler und Pagliani gefundenen Resultaten und denen der Maschine von Goodmann.

y_1 Reibungskoeffizient (Goodmann).

y_2 Klebrigkeit Engler.

x Klebrigkeit Pagliana.

$y_1 = 0{\cdot}00033\ x + 0{\cdot}03.$

$y_2 = 0{\cdot}420\ x + 2{\cdot}6.$

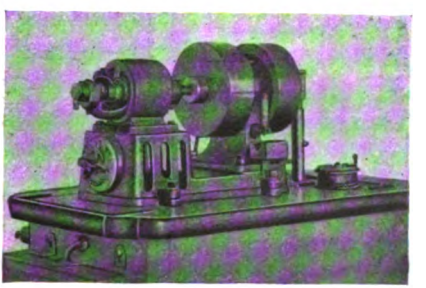


Fig. 10.

Digitized by Google

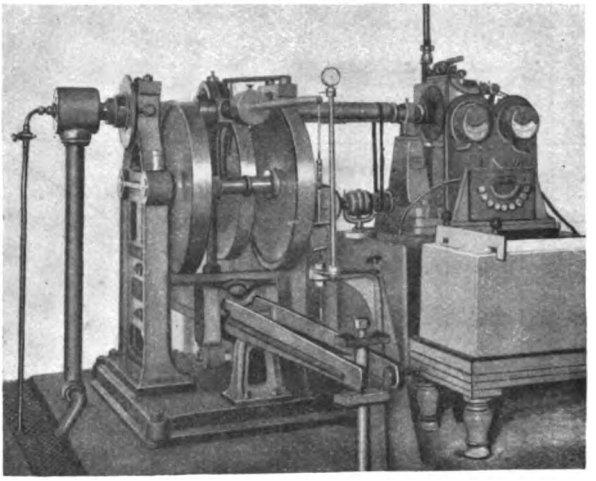


Fig. 11.

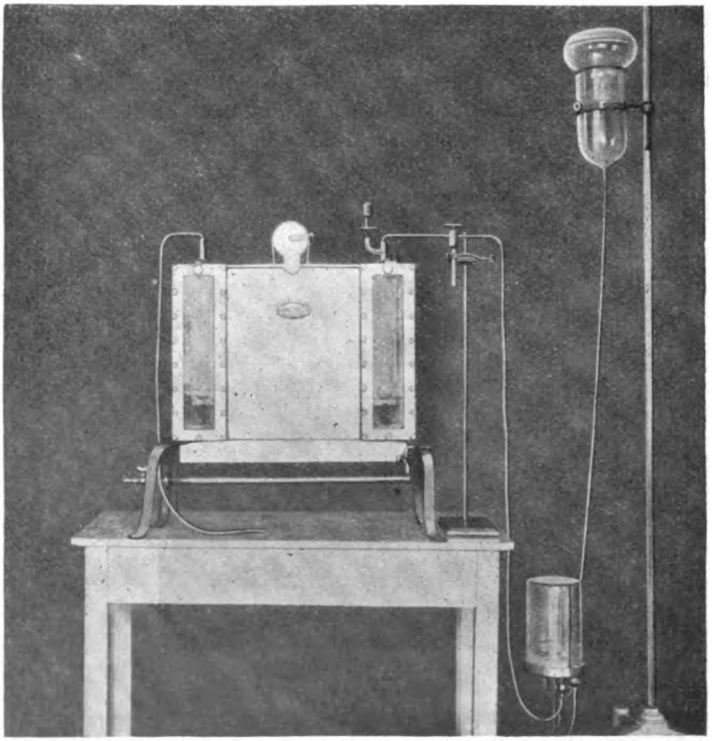


Fig. 12.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXI$_3$

ZUR FRAGE DER ÖLPRÜFUNG.

Bericht über die Arbeiten des Ausschusses IX des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik und über die Beschlüsse der Internationalen Petroleumkommission.

Von Dr. **Max Albrecht**, Hamburg.

Die Grundsätze für die Prüfung von Schmierölen, Leuchtölen (Mineralöl), Gasöl, Putzöl, Benzin und Paraffin, wie sie im Bericht des Ausschusses IX (Vorlage Nr. 41) an die Hauptversammlung des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik und abgekürzt im letzten Bericht der Kommission 39 vom Jahre 1909, „Mitteilungen des Internationalen Verbandes für Materialprüfungen der Technik Nr. 11, Bericht XIV$_1$" niedergelegt sind, sind nach eingehenden Beratungen im allgemeinen bis auf einige ergänzende Zusätze unverändert geblieben.

Dagegen wurde die Bestimmung der in Alkohol-Äther unlöslichen Asphaltstoffe der Schmieröle im Ausschuß IX des Deutschen Verbandes sehr lebhaft erörtert. Die alte Bestimmungsmethode wurde fallen gelassen, da neben Asphaltstoffen auch ölige und paraffinartige Stoffe mit niedergeschlagen werden. Dafür wurden von Holde und zwei anderen Mitgliedern verbesserte Modifikationen vorgeschlagen, die in einer Unterkommission ausführlich geprüft wurden, mit dem Ergebnis, daß verschiedene Analytiker noch wesentlich voneinander abweichende Zahlen erhalten und daß daher diese Bestimmung trotz der Abänderungen vorläufig noch keinen Anhalt für die Güte eines Öles bietet. Von der Kommission werden weitere Untersuchungen über den Einfluß der Veränderlichkeit der Reagentien (Alkohol-Äther) ausgeführt.

Digitized by Google

Von Holde und Marcusson sind Vorschläge für die Begriffsbestimmung des Bitumens mit einer schematischen Übersichtstafel eingereicht worden, welche vom Ausschuß durchberaten wurden und mit einigen Änderungen durch den Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik dem Internationalen Verband vorgelegt werden sollen.

Da die Mehrzahl der Mitglieder des Ausschusses IX des Deutschen Verbandes gleichzeitig Mitglieder der Deutschen Sektion der Internationalen Petroleum-Kommission sind, wurde erwogen, ob der Ausschuß IX nicht mit der Deutschen Sektion dieser Kommission vereinigt werden könnte. Obgleich sich die meisten Arbeiten der beiden Organisationen in der gleichen Richtung bewegen, erschien es doch wünschenswert, sie getrennt zu lassen, da Deutschland im wesentlichen ein Konsumentenland ist und der Ausschuß IX aus dem Bedürfnis hervorgegangen ist, den Verbrauchern Richtlinien für die Beurteilung von Mineralölprodukten an die Hand zu geben. Die Deutsche Sektion der Internationalen Petroleum-Kommission müsse dagegen auch auf die Produzentenkreise der anderen nationalen Sektionen gebührende Rücksicht nehmen. Es sei daher denkbar, daß bei Behandlung desselben Gegenstandes in den beiden Körperschaften voneinander abweichende Beschlüsse zustande kommen könnten. Um aber nach Möglichkeit Differenzen zu vermeiden, sind in der Deutschen Sektion der Internationalen Petroleum-Kommission diejenigen Mitglieder, die beiden Körperschaften angehören, zu einer besonderen Unterkommission einberufen worden, um Fragen gemeinschaftlichen Interesses in den beiden Körperschaften zu vertreten und zu versuchen, eine Übereinstimmung in den Beschlüssen herbeizuführen. Da sich bisher die Arbeiten der Deutschen Sektion im wesentlichen an die Vorlage Nr. 41 des Ausschusses IX angelehnt haben und erhebliche Meinungsverschiedenheiten nicht entstanden sind, war es für die Vermittlungskommission bisher noch nicht erforderlich, einzugreifen.

Auf der Wiener Hauptversammlung der Internationalen Petroleum-Kommission (vom 16. bis 22. Januar 1912) wurden für die hauptsächlichsten Petroleumprodukte: Leuchtpetroleum, Benzin und Schmieröl, einheitliche Methoden vereinbart. Besonders wurde zur Flammpunktsbestimmung des Petroleums der deutsche Typ des Abel-Pensky-Apparates unter der

Digitized by Google

Bezeichnung „Abel-P“ eingeführt. Um die Viskositätsbestimmungen der Schmieröle zu vereinheitlichen, wurde beschlossen, die Aufstellung von internationalen Vergleichstabellen weiter zu betreiben. Als Grundlage hierfür soll der Zähigkeitsfaktor dienen. Entsprechende umfassende Untersuchungen wurden in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin und im National Physical Laboratory in London und an anderen Stellen ausgeführt und werden noch weiter ausgedehnt.

Im Zusammenhang hiermit sei eine umfangreiche Arbeit von Ubbelohde (Petroleum 1912, Nr. 14, 16 und 17) über die Reibung geschmierter Maschinenteile erwähnt, in welcher er an der Hand von Untersuchungen von Klaudy und Sommerfeld ausführt, daß die technischen Maßsysteme der Viskosität nicht als Vergleichsmaßstab der spezifischen Zähigkeit dienen dürften. Da alle Öle gleicher Zähigkeit denselben Reibungskoeffizienten ergeben, käme es bei der Beurteilung der Schmierfähigkeit eines Öles in rein mechanischem Sinne nur auf die Zähigkeit an (nicht etwa auf besondere Provenienz oder Herstellungsart), so daß die mechanische Schmiermittelprüfung auf sogenannten Ölprobiermaschinen überflüssig sei. Außerdem seien aber die Resultate der heutigen Ölprobiermaschinen wertlos, da die Form des Maschinenlagers, die die Höhe des Reibungskoeffizienten wesentlich beeinflußt, erheblich von den gewöhnlichen Lagern abwiche.

In der Wiener Sitzung wurde ferner beschlossen, der nächsten Revisionskonferenz für das internationale Übereinkommen über den Eisenbahnfrachtverkehr Vorschläge zu unterbreiten zur Revision der Definitionen der Gefahrenklassen und zur Kontrollbestimmung für diese. Für die Kontrolle wurde einstimmig die Flammpunktsbestimmung mit dem Abel-Apparat in Vorschlag gebracht an Stelle des spezifischen Gewichtes.

Bemerkenswert ist endlich noch, daß sich die Kompetenzen der Internationalen Petroleum-Kommission dadurch erweitert haben, daß man die Bestimmungen über Lagerung und Transport der Petroleumprodukte in den Kreis ihrer Beratungen gezogen hat.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXII 1

BERICHT ÜBER DEN GEGENWÄRTIGEN STAND DER KAUTSCHUKANALYSE.

Von Prof. Dr. **F. Willy Hinrichsen**, Berlin.

Bei der großen Schwierigkeit der Analyse von rohem und vulkanisiertem Kautschuk ist es erforderlich, die einzelnen Bestimmungsverfahren so festzulegen, daß an verschiedenen Stellen ausgeführte Untersuchungen zu gleichen Ergebnissen führen. Besonders wünschenswert wäre die internationale Regelung dieser Frage.

I. Analyse des Rohkautschuks.

Bekanntlich enthält der Rohkautschuk außer der eigentlichen Kautschuksubstanz und den mechanischen Verunreinigungen, wie Sand, Rinde usw. noch Feuchtigkeit, Mineralbestandteile, Harze und Eiweißstoffe. Praktisch wichtig ist vor allem der Gehalt an Reinkautschuk, an mechanisch beigemengten Verunreinigungen und an Harzen. Letztere geben einen gewissen Maßstab für den technischen Wert einer Kautschuksorte ab, die für um so wertvoller gilt, je geringer der Harzgehalt ist. Die mechanischen Beimengungen werden im fabrikatorischen Betriebe durch Waschen mit Wasser zwischen Walzen entfernt. Die Größe des „Waschverlustes" gibt ein zweites Kriterium für die Brauchbarkeit und den Wert eines Handelsproduktes. Man ermittelt diesen Waschverlust im Laboratorium in ähnlicher Weise wie im Großbetriebe durch Waschen der Kautschukprobe auf einer kleinen Versuchswalze. Wesentlich für das Versuchsergebnis ist in erster Linie, daß das untersuchte Muster dem Durchschnitte der Probe entspricht.

Für die chemische Analyse des Rohkautschuks ist zunächst festzulegen, ob die Untersuchung mit dem ursprünglichen oder dem gewaschenen Material ausgeführt werden soll. Im allgemeinen dürfte

Digitized by Google

es sich empfehlen, stets das gewaschene und dann bis zur Lufttrockne gebrachte Material zu analysieren.

Die Feuchtigkeit wird zweckmäßig in einer besonderen Einwage durch Trocknen im Vakuum über Schwefelsäure bei gelinder Wärme bis zur Gewichtskonstanz ermittelt.

Zur Bestimmung der Harze werden 5 g des fein geschnittenen lufttrockenen Materiales im Soxhletapparate erschöpfend mit Aceton extrahiert. Im allgemeinen genügen hierfür 10 Stunden. Der mittlere Teil des Soxhletapparates wird zweckmäßig aus braunem Glase hergestellt, um Einwirkung des Lichtes auf das zu extrahierende Material zu verhindern. Es erscheint erforderlich, die Abmessungen der verwendeten Apparate zu vereinbaren, da sonst schon hierdurch merkliche Abweichungen in den Harzzahlen vorkommen können.

Die nähere Untersuchung der Harze auf optische Aktivität und Verseifbarkeit gestattet nach Hinrichsen und Marcusson unter Umständen Rückschlüsse auf die botanische Herkunft des Produktes

Zur direkten Bestimmung des Reinkautschukgehaltes sind mehrere Verfahren vorgeschlagen worden, so die Verwendung des bei der Einwirkung von salpetriger Säure entstehenden Nitrosites, ferner des Tetrabromides. Die wissenschaftliche Durcharbeitung beider Bestimmungsweisen hat neuerdings ergeben, daß sie unzuverlässig sind. Man ist daher nach wie vor auf die indirekte Analyse angewiesen. Hiezu bedarf es außer den bereits erwähnten Bestimmungen der Feuchtigkeit und der acetonlöslichen Bestandteile in erster Linie noch der Feststellung des Gehaltes an mineralischen und Eiweißstoffen. Für erstere reicht in der Regel die Aschenbestimmung aus. Ein angenähertes Maß für die Menge der Eiweißstoffe bietet die Ermittlung des Stickstoffgehaltes, die zweckmäßig nach der Methode von Kjeldahl erfolgt. Durch Multiplikation mit 6·25 entsprechend einem Gehalte des Eiweiß von 15—18% Stickstoff berechnet sich der angenäherte Gehalt der Probe an eiweißartigen Stoffen. Die Differenz der gefundenen Prozentzahlen der Verunreinigungen von 100 ergibt den Reinkautschukgehalt des Materials.

II. Analyse von vulkanisiertem Kautschuk.

Bei der überaus großen Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung von vulkanisierten Gummiwaren läßt sich ein allgemein anwendbares Analysenverfahren nicht angeben. In vielen Fällen kann auf

Digitized by Google

chemischem Wege die Zusammensetzung einer Mischung nicht einmal angenähert festgestellt werden. Handelt es sich um die Aufstellung von Lieferungsbedingungen für Kautschukmaterialien, deren chemische Zusammensetzung vorgeschrieben und kontrolliert werden soll, so muß man vorläufig noch auf die Unvollkommenheit der Kautschukanalyse Rücksicht nehmen. Von diesen Gesichtspunkten aus haben z. B. in Deutschland die vereinigten Kabelfabrikanten für Normalleitungsdrähte eine Gummimischung vorgeschrieben, die nur analytisch mit einiger Sicherheit bestimmbare Bestandteile enthält, nämlich außer Kautschuk und Schwefel nur anorganische Füllstoffe und Parafinkohlenwasserstoffe (Ceresin).

Da die Verfahren zur direkten Kautschukbestimmung (Nitrosit, Bromid usw.) auf vulkanisierte Materialien noch weniger anwendbar sind als auf Rohkautschuk, ist man auch hier auf die indirekte Analyse angewiesen. In vielen Fällen führt, wenn Pech, Teer, Asphalt und ähnliche Stoffe fehlen, folgende Arbeitsweise zum Ziele:

5 g der Durchschnittsprobe werden ebenso wie beim Rohkautschuk beschrieben mit Aceton erschöpfend extrahiert. Hierbei gehen neben den Kautschukharzen und etwa zugesetzten fremden Harzen auch der freie Schwefel, ferner Öle, Paraffinkohlenwasserstoffe und Wachs in Lösung. Der Schwefel wird in einer besonderen Probe in dem nach Abdampfen der Acetonlösung verbleibenden Rückstande nach Oxydation mit starker Salpetersäure, der zweckmäßig etwas freies Brom zugefügt ist, ermittelt. Feste Kohlenwasserstoffe bestimmt man angenähert in der Weise, daß der nach dem Verdampfen der Acetonlösung verbleibende Rückstand mit Alkohol aufgenommen wird und aus dieser Lösung die Kohlenwasserstoffe durch längeres Abkühlen auf etwa -5^0 abgeschieden werden. Sind noch Öle und fremde Harze zugegen, so ist eine genaue Bestimmung der Kautschukharze nicht mehr durchführbar. Der Grad der Verseifbarkeit gibt keinen Maßstab für die Menge der Zusätze, da die Kautschukharze selbst je nach der Herkunft des Materiales zum Teil praktisch völlig unverseifbar, zum Teil in sehr hohem Grade verseifbar sind. Sind nur freier Schwefel und Paraffinkohlenwasserstoffe außer Kautschukharzen zugegen, so können letztere angenähert aus der Differenz bestimmt werden.

Das mit Aceton extrahierte Material wird zur Ermittlung der anorganischen Füllstoffe mit hochsiedenden Kohlenwasserstoffen, z. B. Petroleum oder Paraffinöl erhitzt. Hierbei geht der vulkanisierte

Digitized by Google

Kautschuk in Lösung. Die Füllstoffe werden, falls angängig durch Filtration, sonst nach Zentrifugieren der mit Benzin aufgefüllten Lösungen und nach Auswaschen mit anderen organischen Lösungsmitteln bestimmt.

Ein anderer Teil des mit Aceton extrahierten Materiales wird mit $^1/_2$ normaler alkoholischer Natronlauge vier Stunden lang am Rückflußkühler gekocht. Hierbei werden die in der Technik vielfach verwandten Faktisse verseift. Nach dem Abfiltrieren des unveränderten Materiales wird die Lösung mit Wasser versetzt. Auf Zusatz von Mineralsäure werden dann die Faktissäuren abgeschieden, mit Äther aufgenommen und bestimmt. Ein Rückschluß auf die Menge der ursprünglich zugesetzten Faktisse ist schon aus dem Grunde unsicher, weil die verschiedenen Handelssorten von Faktis durchaus verschiedene Gehalte an acetonlöslichen Bestandteilen aufweisen können.

Zur Berechnung des Reinkautschukgehaltes der Mischung bedarf es nunmehr nur noch der Ermittlung des gebundenen Schwefels. Man bestimmt zu diesem Zweck den Gesamtschwefelgehalt der Mischung und zieht hiervon den freien Schwefel, den anorganisch gebundenen, und den in den Faktissäuren enthaltenen Schwefel ab.

Die Ermittlung des Gesamtschwefelgehaltes erfolgt am einfachsten und sichersten nach dem Rothe'schen Verfahren der Oxydation mit Salpetersäure und Magnesiumnitrat im Rundkolben oder nach der von Hinrichsen angegebenen Arbeitsweise der elektrolytischen Oxydation in Salpetersäure. Der anorganisch gebundene Schwefel wird unmittelbar in den Füllstoffen, der Faktisschwefel in den abgeschiedenen Faktissäuren festgestellt. Kennt man ferner noch die Feuchtigkeit und den Stickstoff-(Eiweiß)-Gehalt der Probe, so läßt sich der angenäherte Reinkautschukgehalt aus der Differenz ermitteln.

Enthält eine Mischung außer den bisher genannten Zusatzstoffen noch Teer, Pech, Asphalt oder ähnliche Stoffe, so ist die zuverlässige Analyse des Materials so gut wie ausgeschlossen. Die früher vorgeschlagene Extraktion mit Pyridin ist unbrauchbar, da hierbei auch Kautschuk selbst teilweise in Lösung geht.

Die chemische Analyse des Kautschuks muß durch physikalische und mechanische Prüfungen ergänzt werden. Immerhin wird sie auch bei weiterer Ausbildung der letztgenannten Untersuchungsweisen ihren Wert behalten, da in erster Linie die chemische Zusammensetzung einer Mischung berufen erscheint, Rückschlüsse auf die Haltbarkeit von Kautschukmaterialen zu gestatten.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXII 2

GEGENWÄRTIGER STAND DER MECHANISCHEN KAUTSCHUKPRÜFUNG NACH DEN IM KÖNIGLICHEN MATERIALPRÜFUNGSAMTE ZU GROSS-LICHTERFELDE GEWONNENEN VERSUCHSERFAHRUNGEN.

Von Prof. **K. Memmler**, Groß-Lichterfelde.

Dem V. Kongreß zu Kopenhagen 1909 wurde als Drucksache XV_2 ein Bericht von Memmler-Schob unterbreitet, der die Ergebnisse einer im Königlichen Materialprüfungsamte zu Groß-Lichterfelde ausgeführten größeren Arbeit über Festigkeitsversuche mit ring- und stabförmigen Proben aus Weichgummi verschiedener Zusammensetzung mitteilte. Der vollständige Bericht über diese Arbeit erschien in den „Mitteilungen aus dem Königlichen Materialprüfungsamte" 1909, Heft IV, unter dem Titel: „Beiträge zur Frage der mechanischen Prüfung von Weichgummi. I. Über den Einfluß der Probenform auf die Festigkeitsergebnisse von K. Memmler und A. Schob", und lag der Kongreßsektion C gleichfalls vor. Wenn im folgenden über den derzeitigen Stand der mechanischen Gummiprüfung kurz berichtet werden soll, so sind diesem Berichte vorwiegend die seit dem Jahre 1909 im Materialprüfungsamt gewonnenen Erfahrungen zugrunde gelegt worden. Eine ausführliche kritisch gesichtete Übersicht über die bis zum Jahre 1910 vorhanden gewesene Literatur über mechanische Kautschukprüfungen habe ich in dem mit Prof. Hinrichsen zusammen herausgegebenen Buch „Der Kautschuk und seine Prüfung" (S. Hirzel, Leipzig 1910) veröffentlicht, so daß im vorliegenden Berichte ein Eingehen auf die älteren Arbeiten sich erübrigt.

Seit dem Kopenhagener Kongresse sind die Erfahrungen über mechanische Kautschukprüfungen im Königlichen Materialprüfungsamt insofern erweitert worden, als zu einigen Fragen betreffend die

Digitized by Google

Verwendung der Ringprobe für den Festigkeitsversuch größere Versuchsreihen durchgeführt wurden, die zum Teil interessante Aufschlüsse gebracht haben; ferner hat man versucht, neuere Apparate auch für andere Versuchsarten als den Zugversuch zur Anwendung zu bringen und Erfahrungen damit zu sammeln. Es ist über diese Arbeiten schon an anderer Stelle (vergl. Memmler und Schob „Mitteilungen aus dem Königlichen Materialprüfungsamte" 1911, Heft 4, S. 186 u. f., A. Martens: „Sitzungsberichte der Königl. Preußischen Akademie der Wissenschaften" 1911, Nr. XIV) öffentlich berichtet worden; auch auf der Londoner Kautschukausstellung 1911 hat das Amt durch Vorführung von Apparaten auf einem eigenen Ausstellungsstande, sowie durch den von mir gehaltenen Vortrag weiteren Fachkreisen von seinen Arbeiten Kenntnis gegeben. Leider haben die Diskussionen des Londoner Kautschukkongresses, wie bei vielen anderen Themen so auch beim vorliegenden über mechanische Kautschukprüfungen nicht die erwartete Förderung der Sache gebracht und es scheint daher angebracht, das Wesentlichste neu gewonnener Ergebnisse auch auf dem VI. Kongresse des Internationalen Verbandes zu New York zur Diskussion zu stellen.

Unsere schon früher gewonnenen Erfahrungen über den eigentlichen Festigkeitsversuch, d. h. den Zugversuch mit Beobachtung des Dehnungsverlaufes, hatten im allgemeinen zu der Überzeugung geführt, daß für diesen Zweck die ringförmige Probe der bisher gebräuchlichen stabförmigen Probe überlegen ist, wenn auch nicht allen Einwendungen gegen die Ringprobe vorderhand durch entsprechende Versuchserfahrungen der Boden entzogen werden konnte. So lange es noch nichts besseres gibt, war es jedenfalls geboten, sich mit den Eigentümlichkeiten dieser Ringprobe noch eingehender zu befassen, um bei etwa in Aussicht zu nehmender allgemeiner Anwendung schon über die notwendigen Erfahrungen zu verfügen. Das ist geschehen. Es war zunächst aus verschiedenen Gründen von Interesse, festzustellen, ob das bei der im Amte benutzten Maschine von Schopper-Dalén vorgesehene Wandern des Proberinges während des Versuches über die Einspannrollen beachtenswerten Einfluß auf den Ausfall des Ergebnisses hat. In dieser Hinsicht angestellte zahlreiche Versuche haben ergeben, daß einwandfreie Versuchsergebnisse bei Festigkeitsversuchen mit ringförmigen Probekörpern aus Weichgummi sich nur erzielen lassen, wenn der Probering während des Versuches über die drehbar anzuordnenden Ein-

Digitized by Google

spannrollen ständig wandert. Es ergaben sich bei den verschiedenen Materialien zum Teil ganz wesentliche Unterschiede, je nachdem man mit feststehendem oder mit wanderndem Ringe arbeitete; bei einem Material betrug der Unterschied 75%. Zudem zeigten sich die verschiedenen Gummisorten in sehr verschiedenem Grade beeinflußt, so daß Einordnung und Bewertung der Gummisorten unsicher wird, wenn man mit feststehendem Ringe arbeitet.

Für die allgemeine Verwendbarkeit der ringförmigen Zugprobe war ferner auch der Einfluß, den die Art der Herstellung der Ringprobe auf die Festigkeitsergebnisse haben konnte, zu erforschen, zumal gegen die Ringprobe hie und da der Einwand erhoben wurde, daß die bisher gebräuchliche Art des Herausstanzens der Probe mittels einer Stanzpresse vielleicht mit nachweisbaren Vorbeanspruchungen des Materials verbunden sein könne.

Zur Beantwortung dieser Frage hat man zwei verschiedene Herstellungsverfahren angewendet, nämlich das schon früher eingehend beschriebene Verfahren des Ausstanzens von Ringen auf der Schopperschen Stanzpresse und ferner das Herausschneiden von Ringen auf der Drehbank. Von jeder der vier geprüften Gummisorten wurden 100 Ringe herausgestanzt und 100 andere herausgeschnitten. Die gewonnenen Ergebnisse zeigen, daß Beeinflussungen der Festigkeitseigenschaften durch Schneiden oder Stanzen belanglos sind, wenigstens für praktische Festigkeitsversuche. Die Tatsache, daß sich die verschiedenen Materialien hierbei verschieden verhielten, weist auch darauf hin, daß man von einer Vorbeanspruchung des Materials im Sinne einer ungünstigen Beeinflussung der Festigkeitseigenschaften für eine bestimmte Herstellungsart nicht reden kann. Bei einem Material scheint das Stanzen etwas ungünstiger zu wirken, bei dem anderen hingegen ergeben die geschnittenen Proben die niedrigeren Festigkeitswerte. Es ist daraus zu folgern, daß nicht unbedingt einem Herstellungsverfahren der Vorzug zu geben ist; praktische Rücksichten werden maßgebend sein, ob man das eine oder das andere für vergleichende Versuche anwenden will; jedenfalls wird man aber gut tun, bei vergleichenden Versuchen mit verschiedenen Materialien stets das gleiche Herstellungsverfahren anzuwenden.

Es mag hierbei betont werden, daß das Ausstanzen der Ringe erheblich weniger Zeitaufwand erfordert als das Schneiden, und daß auch, sofern die Plattendicke nicht schwankt, völlige Gleichmäßigkeit

Digitized by Google

der Abmessungen aller Ringe aus demselben Material bei Anwendung des Stanzverfahrens gewährleistet wird. Beim Schneiden sind kleine Schwankungen der Abmessungen nicht immer zu vermeiden, schon weil die Messerspitze öfter abgezogen und dann das Messer neu eingestellt werden muß. Die Ringmesser für das Stanzen halten dagegen je nach dem Material 1000 und mehr Schnitte aus, ohne nachgeschärft werden zu müssen, und dann bringt das Nachschärfen noch keine Durchmesseränderungen mit sich. Aus später noch zu erörternden Gründen wird man ohnehin danach streben müssen, eine Normalform für Ringproben zu vereinbaren, wofür dann das Herausstanzen der Ringe das empfehlenswertere Verfahren ist, weil es billiger ist, ganz gleichmäßige Ringabmessungen innerhalb einer Materialsorte gewährleistet und bei geeigneter Wahl der Ringabmessungen auch hinsichtlich der genauen Form des Ringes dem Herausschneiden nicht nachsteht.

Eine dritte sehr wichtige Frage, deren Beantwortung besonderes Interesse bei etwaiger Festsetzung einer Normalprobenform bietet, nämlich welchen Einfluß die Abmessungen des Ringes (verschiedene Ringbreite und Ringdicke*) auf die Festigkeitsergebnisse ausüben, ist gleichfalls Gegenstand umfangreicher Prüfungsarbeiten im Königlichen Materialprüfungsamt gewesen. Nach den hierbei gewonnenen Ergebnissen scheint man von einer Beeinflussung der Festigkeitsergebnisse durch die Probenabmessungen nur hinsichtlich der Bruchfestigkeit, nicht aber hinsichtlich der Bruchdehnung sprechen zu können. Das bestätigt auch früher an anderer Stelle gefundene Ergebnisse (vergl. Breuil: «Le Caoutchouc et la Guttapercha» 1904, Nr. 3, S. 56).

Hinsichtlich der Bruchfestigkeit zeigte sich eine deutlich nachweisbare Beeinflussung durch die Ringabmessungen nur bei einem Material mit sehr großer Dehnung derart, daß etwa von 0·1 cm Querschnitt ab mit wachsendem Querschnitt die Festigkeit abnimmt. Bei einem zweiten weniger dehnbaren Material ist diese Abnahme zwar auch erkennbar, aber von erheblich geringerem Betrage, während bei einem sehr wenig dehnbaren dritten Material ein solcher Einfluß nicht festgestellt werden konnte.

Die Tatsache, daß gerade die dehnbareren Gummisorten die größere Beeinflussung ihrer Bruchfestigkeit durch die Probe-

*) Unter „Dicke“ ist die Höhe des zylindrischen Hohlkörpers zu verstehen.

Digitized by Google

abmessungen erfahren, während die Bruchdehnung unbeeinflußt bleibt, legt die Vermutung nahe, daß hier Oberflächenspannungen eine Rolle spielen, denen Materialien mit großem Formänderungsvermögen mehr ausgesetzt sein werden als solche mit geringerem. Für die Erkenntnis dieser Einflüsse wird es von Interesse sein, die Versuche in dieser Beziehung noch weiter auszudehnen. Vielleicht bietet auch die reichhaltige physikalische Literatur nach dieser Richtung hin wertvolle Fingerzeige*).

Zur Ermittlung des Einflusses, den verschiedene Größe des inneren Ringdurchmessers auf Festigkeits- und Dehnungsergebnis ausübt, sind gleichfalls Versuche ausgeführt worden, die jedoch zeigen, daß ein gesetzmäßiger Einfluß in dieser Beziehung nicht erkennbar ist.

Faßt man die hinsichtlich der Zugprobe mit Weichgummi bis heute gewonnenen Erfahrungen kurz zusammen, so läßt sich folgendes feststellen:

1. Die ringförmige Probe ist der stabförmigen aus mehrfachen Gründen vorzuziehen.

2. Ringförmige Probekörper geben einwandfreie Versuchsergebnisse nur, wenn die Proberinge über die Einspannrollen während des Versuches wandern.

3. Die Proberinge lassen sich leicht und genügend sauber mit einer Stanzpresse herstellen.

4. Die Messung der Dehnung von Weichgummi beim Zugversuch wird durch die Abmessung des Proberinges nicht beeinflußt.

5. Für die Bestimmung der Bruchfestigkeit von Weichgummi durch Zugversuch an ringförmigen Probekörpern bedarf es der Vereinbarung von Normalabmessungen für diese Probe, da die Bruchfestigkeit durch die Ringabmessungen beeinflußt wird.

6. Gegen die Ringprobe (im gleichen Maße allerdings auch gegen die stabförmige Probe) spricht der Umstand, daß die zu prüfende Gummisorte in Formen vorliegen muß, aus denen sich die Ringproben herausstanzen lassen. Das bedingt Vereinbarungen über die Art der mechanischen Prüfung von Weichgummi in Fällen, in denen die Zerreißprobe mit ringförmigen Probekörpern nicht anwendbar ist.

*) O. Frank: „Annalen der Physik", Bd. 21, S. 602. — P. K. Bjerken: „Wied. Ann.", Bd. 43, S. 818. — W. C. Röntgen: „Pogg. Ann.", Bd. 159, S. 601. — L. Schiller: „Annalen der Physik", Bd. 22, S. 204.

Digitized by Google

Besonders diesem letzteren Punkte ist im Lichterfelder Materialprüfungsamte durch neuere Arbeiten Rechnung getragen worden, deren Hauptzweck darin bestand, festzustellen, welche Prüfungsverfahren für Weichgummi der bisher fast ausschließlich angewendeten Zugprobe an die Seite zu stellen wären.

In erster Linie sind Versuche durchgeführt worden, bei denen durch Dauerbeanspruchung des Materiales Abnutzungserscheinungen auftreten, deren Feststellung mittels Wägung des Versuchskörpers nach bestimmter Beanspruchungsdauer vergleichende Bewertung der Gummisorten ermöglicht. Für diese Versuche sind verschiedene Apparate verwendet worden, die mehrfach in Veröffentlichungen*) beschrieben wurden und deren Bauart daher hier nicht weiter erörtert ist. Der Apparat nach Martens prüft Gummikugeln von 30 mm Durchmesser, der Apparat nach Mai hingegen arbeitet mit Gummiringen, wie sie für die Zugproben an der Schopper-Maschine Verwendung finden. Die mit beiden Apparaten gewonnenen Prüfungsergebnisse der verschiedensten Weichgummisorten lassen den Schluß zu, daß beide Methoden praktisch gut brauchbar sind.

Treten bei diesen beiden Methoden der Prüfung die Abnutzungserscheinungen neben den eigentlichen Dauerbeanspruchungen durch Druckbelastung auf, so ist neuerdings im Lichterfelder Amte versucht worden, ein Verfahren auszuarbeiten, das ganz speziell für Gummisorten anzuwenden wäre, bei denen als Folge ihrer praktischen Verwendung in erster Linie ihre Abnutzbarkeit in Frage kommt und diese zur vergleichenden Bewertung verschiedener Qualitäten heranzuziehen wäre. Über dieses Verfahren wird demnächst noch eingehend in den „Mitteilungen aus dem Königlichen Materialprüfungsamte“ berichtet werden. Es werden dabei Gummischeiben (in der Regel die Scheiben, die beim Herausstanzen der Ringe für die Zugprobe entfallen) in einem Gefäß durch lang andauerndem Umlauf unter Schmirgel einer Abnutzung unterworfen, deren Verlauf durch Wägung der Probescheibe zu verfolgen ist.

Neben diesen Arbeiten, bei denen die gewonnenen Ergebnisse und Erfahrungen, wie bemerkt, praktische Brauchbarkeit der Versuchs-

*) A. Martens: „Über die technische Prüfung des Kautschuks und der Ballonstoffe im Königl. Materialprüfungsamte zu Groß-Lichterfelde.“ „Sitzungsberichte der Königl. Preuß. Akad. d. Wissensch.“ 1911, Nr. XIV. — Memmler: „Mechanische Kautschukprüfungen und neuere Prüfeinrichtungen für diesen Zweck.“ Ztschr. „Kunststoffe“, 1911.

Digitized by Google

methoden erhoffen lassen, sind noch mehrere neuere Apparate für die mechanische Gummiprüfung im Amte nach Entwürfen des Direktors A. Martens aufgestellt worden und befinden sich zurzeit noch im Stadium der Erprobung. Es sind dies:

1. Eine Druckpresse zur gleichzeitigen Prüfung von sechs Gummizylindern auf Formveränderungsfähigkeit bei Druckbeanspruchung;

2. ein Apparat, in dem gleichzeitig zehn Gummiringe einer bestimmten Vorbeanspruchung durch oft wiederholtes Strecken und Entlasten unterworfen werden können und durch Zugversuch vor und nach dieser Beanspruchung die Ermüdung des Materials ermittelt werden kann;

3. ein Härteprüfapparat, der nach dem Prinzip der Brinell-Kugeldruckprobe die Härte von Gummiproben nach dem Eindruck bestimmt, den eine kleine Stahlkugel unter bestimmter Belastung und nach bestimmter Zeit in der Gummischeibe erzeugt;

4. ein Apparat zur Prüfung von Schreibmaschinenwalzen durch Dauerschlagbeanspruchung mittels eines kleinen Fallhammers, der nach Form und Gewicht den Typenhebeln der Schreibmaschine ähnlich ist.

Schließlich sei noch erwähnt, daß, um den Verlauf der Längenänderungen von Weichgummiproben unter ruhender Dauerbelastung zu ermitteln, eine Anzahl von stabförmigen Gummiproben verschiedener Mischungen in einer einfachen Versuchseinrichtung, einer dauernd gleichbleibenden Belastung von 2 kg/cm^2 längere Zeit unterworfen wurden. An Strichmarken auf den Proben wurde die fortschreitende Längenänderung beobachtet und die Belastung solange fortgesetzt, bis Zunahme der Längenänderung mehrere Tage lang nicht mehr meßbar war. Dann wurde entlastet und das Zurückgehen der Längenänderung in der gleichen Weise verfolgt.

Diese Proben hängen im Amte nun schon seit etwa drei Jahren unter ständiger Beobachtung, die fortgesetzt werden wird, bis alle Proben zum Bruch gekommen sind.

Nach dem Vorschlage von A. Martens werden neuerdings derartige Dauerversuche auch mit ringförmigen Probekörpern in der Weise ausgeführt, das Gummiringe auf Glastafeln aufgespannt werden. Die Ringe erfahren dadurch eine dauernde Streckung, die durch die Breite der Glasplatte gegeben ist und können unter verschiedenen Lagerungszuständen, z. B. trocken, naß, warm, belichtet, im Freien

Digitized by Google

der Witterung ausgesetzt, hinsichtlich ihrer Veränderungen ständig beobachtet werden.

Überblickt man das ganze Gebiet der mechanischen Kautschukprüfung, wie es im Lichterfelder Amte bearbeitet worden ist, so wird man zugeben können, daß seit dem letzten Kongreß in Kopenhagen die Erfahrungen auf diesem Gebiete beträchtlich erweitert worden sind. Wenn es heute noch nicht möglich ist, bestimmte und lückenlos ausgearbeitete Vorschläge für allgemein anwendbare mechanische Prüfungsmethoden für Weichgummi zu unterbreiten, so liegt dies an den absonderlichen physikalischen und mechanischen Eigenheiten dieses Stoffes und seiner außerordentlich vielgestaltigen Verwendung in der Technik. Im Deutschen Verbande für die Materialprüfungen der Technik ist zurzeit eine Kommission mit der Bearbeitung der einschlägigen Fragen beschäftigt und es steht zu hoffen, daß der nächstmalige Internationale Kongreß weitere Fortschritte auf diesem Gebiete wird feststellen können.

Kurzer Auszug.

Übersicht über den Stand der Erfahrungen zur Frage der mechanischen Prüfung von Weichgummi auf Grund der im Lichterfelder Materialprüfungsamte ausgeführten einschlägigen Arbeiten. Erörtert werden insbesondere die Eigentümlichkeiten der ringförmigen Zerreißprobe, einige neuere Abnutzungsproben und Dauerversuche sowie Versuchsapparate für speziellere Prüfungsarten.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXII 3

EINIGE APPARATE FÜR ZUGVERSUCHE MIT KAUTSCHUK.

Von **P. L. Wormeley,** Washington, D. C.

(Übersetzt von F. W. und A. Hinrichsen, Berlin.)

Der große Aufwand an Arbeit und Zeit, der darauf verwandt wird, Zugversuche mit Kautschuk im Zusammenhang mit den verschiedenen Lieferungsbedingungen anzustellen, macht es notwendig, Mittel anzuwenden, die die Arbeit vereinfachen und beschleunigen. Das hat zum Entwurf einer Anzahl von Prüfmaschinen geführt. Vier davon sollen hier kurz beschrieben werden. Weitere Einzelheiten kann man aus einem Rundschreiben über Kautschukprüfung ersehen, das von dem U. S. Bureau of Standards herausgegeben ist.

Beim Konstruieren dieses Apparates wurde auf die dem Kautschuk innewohnende recht große Verschiedenheit der Dehnbarkeit Rücksicht genommen. In Anbetracht dieser Verschiedenheit wurde mehr auf Einfachheit der Konstruktion und Bequemlichkeit der Arbeit als auf äußerste Genauigkeit gesehen, wo letztere unnötig erschien.

Der Apparat Figur 1 wird benutzt, um Kautschuk einfach zu strecken, um festzustellen, wie weit er sich nach einer bestimmten Dehnung wieder zusammenzieht, ohne Bezug auf die angewendete Zugkraft. Sechs Proben können zu gleicher Zeit geprüft werden. Die Spulen 1 können lose auf der Welle 2 gleiten und sind mit Schlitzen versehen, in welche als Kupplung Dorne 3 (nicht abgebildet) greifen. Die Einspannvorrichtungen, die die Proben halten, bestehen aus konzentrischen Zylindern, die geriefelt sind, um das Herausrutschen zu verhindern. Die beweglichen Klammern sind

Digitized by Google

an $^3/_4$ Zoll breiten Lederriemen befestigt, die durch die Leiste 4 und dann auf die Spulen 1 gehen. Die Wirkungsweise dieser Klammern ist dieselbe, wie die einer gewöhnlichen Kopierpresse und bei einer Platte von $^3/_4 \times ^1/_2$ Zoll genügt ein leises Anziehen des geriefelten Kopfstückes, um ein Herausschlüpfen des Riemens während der Streckung zu verhindern. Die Wirkungsweise des Apparates gestaltet sich folgendermaßen:

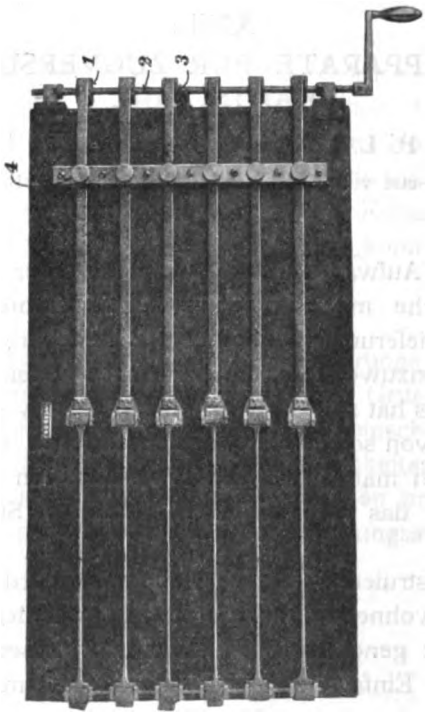


Fig. 1.
Apparat zur Streckung von Kautschuk.

Wenn sechs Proben in den Klammern sind, wird eine der Spulen auf der Welle entlang geschoben, bis sie auf den entsprechenden Dorn trifft, und die Welle wird so lange gedreht, bis die Dehnung, die an abgemessenen Marken auf der Probe gemessen wird, erreicht ist. Die Klammer wird angezogen, um die Probe in diesem Zustand festzuhalten. Die Spule wird nun zurückgeschoben, um den Dorn wieder freizumachen, und der Vorgang wird nun nacheinander mit den anderen Proben wiederholt.

Digitized by Google

Jede Probe wird nach einer bestimmten Zeitdauer losgemacht und nach einer bestimmten Ruhepause wird die dauernde Dehnung gemessen.

Der Apparat Figur 2, der vier Proben faßt, wird benutzt, um das Verhalten von Gummi, der auf eine bestimmte Länge gestreckt

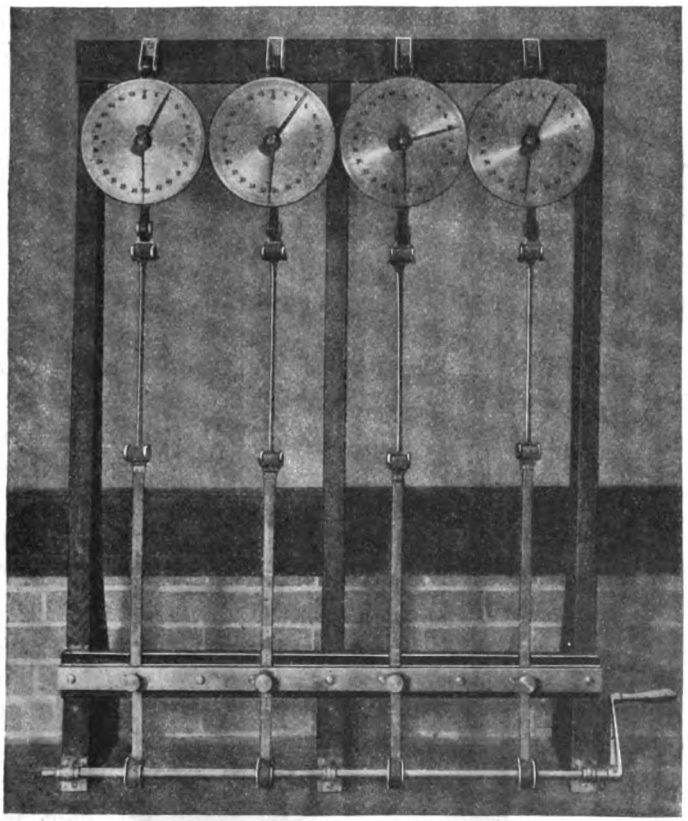


Fig. 2.

Apparat zum Strecken von Gummi.

ist, zu beobachten. Durch feste und bewegliche Zeiger auf den Federwagen zeigt er sowohl die maximale Belastung als auch die jeweilige Belastung während der Prüfung. Die Wagen gehen bis zu 50 engl. Pfund, mit 8 Zoll großen Zifferblättern, die in je 0·2 engl. Pfund eingeteilt sind. Die unteren Klammern werden durch Gewichte (nicht sichtbar) im Gleichgewicht erhalten, die an

Digitized by Google

Schnüren hangen, die direkt hinter den Federwagen über Rollen laufen. Auf diese Weise wird jede Klammer in erreichbarer Stellung erhalten und wird am Fallen gehindert, falls eine Probe bei der Dehnung reißen sollte.

Die Maschinen Figur 3 und 4 haben befriedigende Resultate bei der Bestimmung von Zugfestigkeit und Bruchdehnung ergeben.

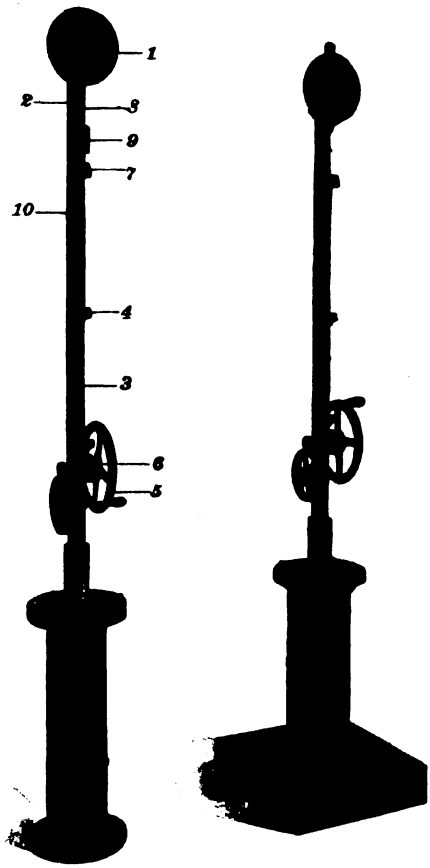


Fig. 3 und 4.
Maschinen zur Prüfung der Zugfestigkeit von Kautschuk.

Bei Figur 3 ist das Dynamometer 1, das bis zu 200 engl. Pfund geht und in Stufen von 0·5 engl. Pfund eingeteilt ist, an dem oberen Ende der Säule 2 befestigt. Die Säule ist mit einem Schlitz versehen, um die Zahnstange 3 aufzunehmen, an deren oberem Ende sich die exzentrische Einspannvorrichtung 4 befindet.

Digitized by Google

Die Zahnstange wird durch das Handrad 5 bedient, das mit einem Zahnrad (nicht sichtbar) im Innern der Säule 2 in Verbindung steht. Die Welle, die das Handrad trägt, ist mit einem Sperrad versehen, durch das die Zahnstange in jeder beliebigen Stellung erhalten werden kann, wenn man eine Probe in bestimmter Spannung erhalten will. Die exzentrische Klammer 7 ist mit dem Dynamometer durch das Universalglied 8 verbunden. Der Puffer 9 dient dazu, die Entspannung der Feder auszugleichen, wenn eine Probe gerissen ist. Das Dynamometer ist so konstruiert, daß der Zeiger bei der Höchstbelastung stehen bleibt, wenn eine Probe reißt und bei Beginn jeder neuen Prüfung auf Null zurückgedreht wird. Die Dehnung der auf die Proben aufgezeichneten Meßlänge wird auf der Skala 10, die an der Säule befestigt ist, gemessen.

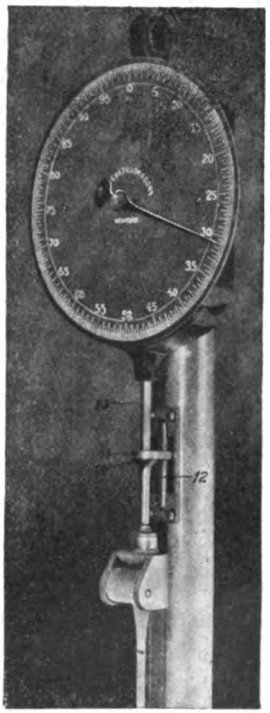


Fig. 4a.
Einzelheiten von Fig. 4.

Das Dynamometer Figur 4 geht bis zu 100 engl. Pfund und ist in Stufen von 0·25 Pfund eingeteilt. Die Konstruktion dieser Maschine ist die gleiche, wie eben beschrieben, ausgenommen, daß anstatt eines Puffers zur Dämpfung der Feder beim Bruch die Federspannung erhalten bleibt, wenn eine Probe gerissen ist, und zwar durch die Platte 11, die in folgender Weise arbeitet:

Der Stab 12, der fest an der Säule 2 befestigt ist, geht knapp durch ein Loch an der Rückseite der Platte 11. Die Vorderseite der Platte 11 ist geschlitzt, um den Stab 13 aufzunehmen, und wird von den Gewichten 14 im Gleichgewicht erhalten. Sobald die Probe gedehnt wird, kann die Platte 11 den Gewichten 14 frei folgen und gleitet lose über die Stange 12 hinunter. Wenn aber die Probe zerrissen ist, zwingt der nach oben gerichtete Druck der Gewichte die Platte sich an den Stab 12 anzuklemmen und so die Federn in der Höchstspannung zu erhalten. Ist das Gewicht festgestellt, so wird die obere Klammer heruntergezogen, um den

Digitized by Google

Schnüren hangen, die direkt hinter den Federwagen über Rollen laufen. Auf diese Weise wird jede Klammer in erreichbarer Stellung erhalten und wird am Fallen gehindert, falls eine Probe bei der Dehnung reißen sollte.

Die Maschinen Figur 3 und 4 haben befriedigende Resultate bei der Bestimmung von Zugfestigkeit und Bruchdehnung ergeben.

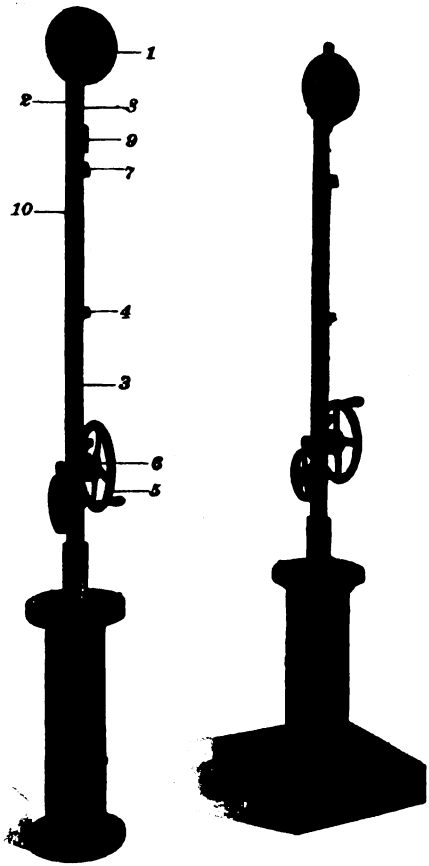


Fig. 3 und 4.
Maschinen zur Prüfung der Zugfestigkeit von Kautschuk.

Bei Figur 3 ist das Dynamometer 1, das bis zu 200 engl. Pfund geht und in Stufen von 0·5 engl. Pfund eingeteilt ist, an dem oberen Ende der Säule 2 befestigt. Die Säule ist mit einem Schlitz versehen, um die Zahnstange 3 aufzunehmen, an deren oberem Ende sich die exzentrische Einspannvorrichtung 4 befindet.

Digitized by Google

Die Zahnstange wird durch das Handrad 5 bedient, das mit einem Zahnrad (nicht sichtbar) im Innern der Säule 2 in Verbindung steht. Die Welle, die das Handrad trägt, ist mit einem Sperrad versehen, durch das die Zahnstange in jeder beliebigen Stellung erhalten werden kann, wenn man eine Probe in bestimmter Spannung erhalten will. Die exzentrische Klammer 7 ist mit dem Dynamometer durch das Universalglied 8 verbunden. Der Puffer 9 dient dazu, die Entspannung der Feder auszugleichen, wenn eine Probe gerissen ist. Das Dynamometer ist so konstruiert, daß der Zeiger bei der Höchstbelastung stehen bleibt, wenn eine Probe reißt und bei Beginn jeder neuen Prüfung auf Null zurückgedreht wird. Die Dehnung der auf die Proben aufgezeichneten Meßlänge wird auf der Skala 10, die an der Säule befestigt ist, gemessen.

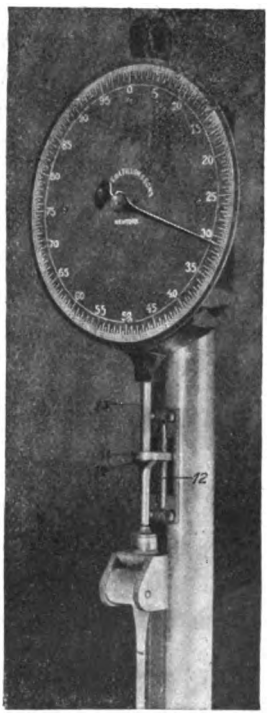


Fig. 4a.
Einzelheiten von Fig. 4.

Das Dynamometer Figur 4 geht bis zu 100 engl. Pfund und ist in Stufen von 0·25 Pfund eingeteilt. Die Konstruktion dieser Maschine ist die gleiche, wie eben beschrieben, ausgenommen, daß anstatt eines Puffers zur Dämpfung der Feder beim Bruch die Federspannung erhalten bleibt, wenn eine Probe gerissen ist, und zwar durch die Platte 11, die in folgender Weise arbeitet:

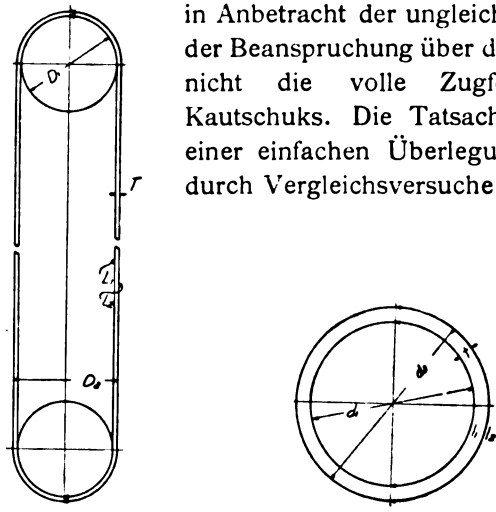
Der Stab 12, der fest an der Säule 2 befestigt ist, geht knapp durch ein Loch an der Rückseite der Platte 11. Die Vorderseite der Platte 11 ist geschlitzt, um den Stab 13 aufzunehmen, und wird von den Gewichten 14 im Gleichgewicht erhalten. Sobald die Probe gedehnt wird, kann die Platte 11 den Gewichten 14 frei folgen und gleitet lose über die Stange 12 hinunter. Wenn aber die Probe zerrissen ist, zwingt der nach oben gerichtete Druck der Gewichte die Platte sich an den Stab 12 anzuklemmen und so die Federn in der Höchstspannung zu erhalten. Ist das Gewicht festgestellt, so wird die obere Klammer heruntergezogen, um den

Digitized by Google

Druck der Gewichte gegen die Platte aufzuheben, und zu gleicher Zeit wird das untere Ende der Platte gehoben, um den Stab 12 freizugeben. Der Stab 13 kann dann steigen und der Zeiger kann wieder auf Null gestellt werden.

Einfluß der Probenform auf die Ergebnisse der Zugprüfungen.

Es besteht eine große Meinungsverschiedenheit über den verhältnismäßigen Wert der Stab- und Ringform. Der Ring, welcher von einigen sehr empfohlen wird, besitzt unzweifelhaft gewisse Vorzüge hinsichtlich der Brauchbarkeit für die Prüfung, und man kann mit dieser Methode gleichförmige Ergebnisse erzielen. Andererseits zeigen Ringproben in Anbetracht der ungleichen Verteilung der Beanspruchung über den Querschnitt nicht die volle Zugfestigkeit des Kautschuks. Die Tatsache erhellt aus einer einfachen Überlegung und kann durch Vergleichsversuche mit stab- und



Nach dem Strecken. Vor dem Strecken.

Fig. 5.
Ringprobe vor und nach der Dehnung.

ringförmigen Probestücken bewiesen werden, vorausgesetzt, daß die Stabproben an den Enden genügend verbreitert sind, um einen Bruch im Stabkopf, also innerhalb der Einspannvorrichtung, zu vermeiden, und ferner, daß die Änderung in der Breite nicht zu plötzlich erfolgt.

Nehmen wir der Einfachheit halber an, daß die Dehnbarkeit von Kautschuk nach allen Richtungen die gleiche ist, so ersieht man aus Figur 5, welche eine Ringprobe vor und nach dem Dehnungsversuch zeigt, folgendes:

Digitized by Google

Bezeichnet man mit E_1 die in Prozenten ausgedrückte Dehnung der Innenfläche beim Bruch (automatisch gemessen), so ist

$$E_1 = \frac{L_1 - l_1}{l_1} \cdot 100 \qquad (1)$$

bezeichnet E_2 die in Prozenten ausgedrückte Dehnung der äußeren Fläche beim Bruch der Probe, so ist

$$E_2 = \frac{L_2 - l_2}{l_2} \cdot 100 \qquad (2)$$

$$L_2 = L_1 + \frac{\pi}{2}(D_2 - D_1) = L_1 + \pi T \qquad (3)$$

$$T = t\sqrt{\frac{1}{L}} \text{ (angenähert)} \qquad (4)$$

(unter der Annahme, daß das Volumen des Kautschuks konstant bleibt).

Aus den Gleichungen (1), (2), (3) und (4) erhalten wir

$$E_2 = E_1 \frac{l_1}{l_2} \cdot \frac{L_1 + \pi \cdot t\sqrt{\frac{l_1}{L_1}} - l_2}{L_1 - l_1} \qquad (5)$$

was graphisch durch die Kurve (a) in Figur 6 für die gewöhnliche Ringgröße dargestellt wird, wobei $l = 10$ mm, und $t = 4$ mm ist.

Diese Funktion ist praktisch linear und E_2 angenähert $= 0{\cdot}83\, E_1$. Kurve (b) zeigt den kleinen Fehler, der durch Vernachlässigung des Ausdruckes $\pi \cdot t\sqrt{\frac{l_1}{L_1}}$ bedingt ist.

Da der Prozentsatz der Dehnung an der äußeren Oberfläche des Ringes kleiner ist als an der Innenfläche, muß auch die Zugspannung an der äußeren Oberfläche geringer sein als an der inneren. Aus der Gleichung (5) folgt, daß die Abnahme der Dehnung in Prozenten von der Innenseite nach der Außenseite des Ringes annähernd gleichmäßig verläuft. Diese Beziehung geht aus Figur 6 hervor, für $E_1 = 600\%$ und $l_1 = 70$ mm. Da das Verhältnis zwischen Spannung und Dehnung praktisch linear ist für Dehnungswerte nahe dem Bruch, muß die Veränderung in der Zugspannung von der Innen- nach der Außenseite des Ringes im Augenblick des Reißens auch ziemlich gleichmäßig verlaufen. Das ist in Figur 7 graphisch dargestellt, wobei Werte für die Zugspannung aus der Zugdehnungskurve in Figur 8 genommen wurden.

Digitized by Google

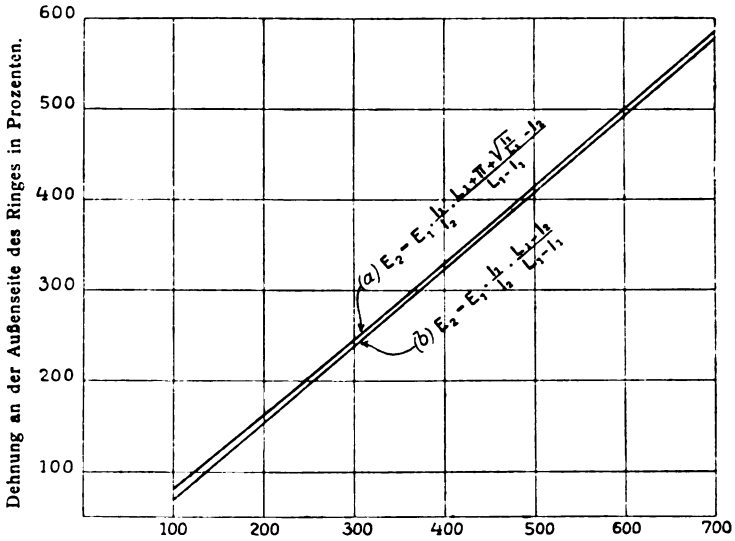


Fig. 6.

Verhältnis der Dehnungen an der Innen- und Außenfläche des Ringes.

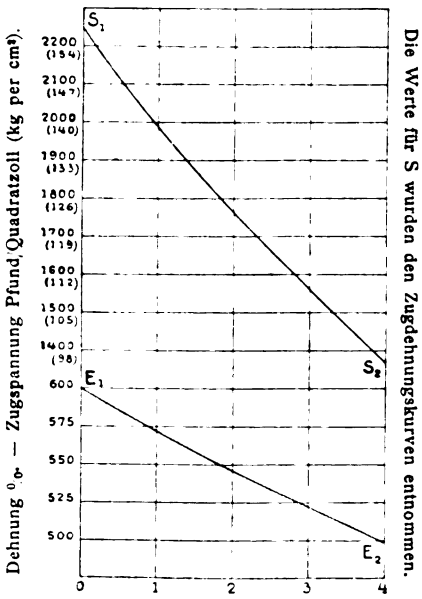


Fig. 7.

Veränderung der Dehnung und Zugspannung von der inneren nach der äußeren Oberfläche des Ringes.

Es sei S_1 gleich der Spannung auf der inneren Oberfläche des Ringes beim Bruch oder die wirkliche Zugspannung des Gummis entsprechend E_1 und

S_2 die Spannung an der äußeren Oberfläche, entsprechend E_2 und

S die Durchnittsspannung über den Querschnitt des Ringes, das heißt der Wert für die Zugfestigkeit, den wir durch die Ringmethode erhalten, so haben wir

Digitized by Google

$$S = \frac{\text{Bruchlast}}{\text{Bruchquerschnitt}} = \frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{S_1}{2}\left(1 + \frac{S_2}{S_1}\right) \qquad (6)$$

Da das Verhältnis $\frac{S_2}{S_1}$ sich bei verschiedenen Gummiarten ändert, hat S keine feste Beziehung zur Zugfestigkeit und kann deshalb nicht als Maß für diese gelten.

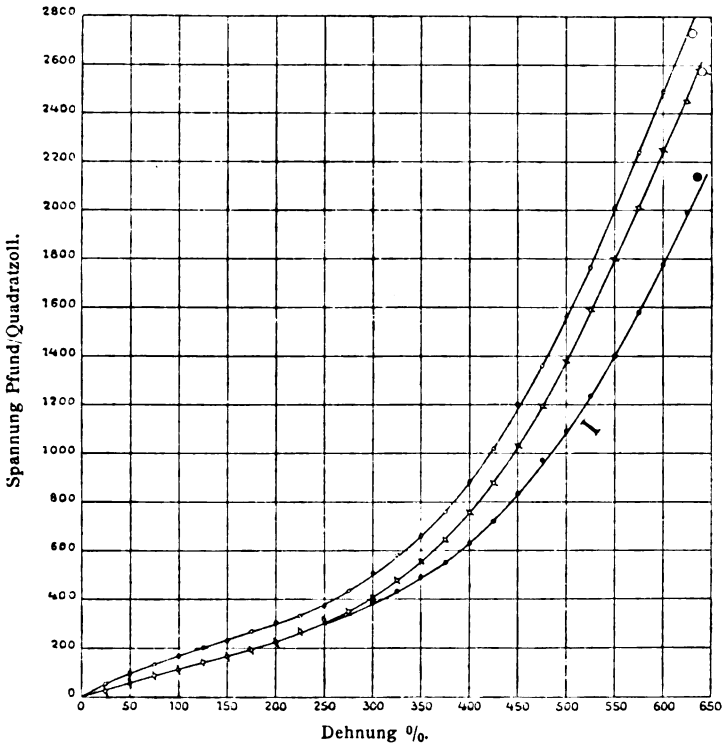


Fig. 8.

Zugdehnungskurven für Gummi, an stab- und ringförmigen Proben geprüft.

Die Dehnung dagegen wird an der Innenseite des Ringes gemessen, und gibt daher immer die Maximalausdehnung des Gummis. Die durchschnittliche Dehnung des Ringes ist

$$E = {}^1/_2 \cdot (E_1 + E_2) \qquad (7)$$

Wenn die Dehnbarkeit des Gummis nach allen Richtungen die gleiche wäre, so würden Werte von S und E, gemäß den Gleichungen (6) und (7), einen Punkt geben, der der Zugdehnungs-

Digitized by Google

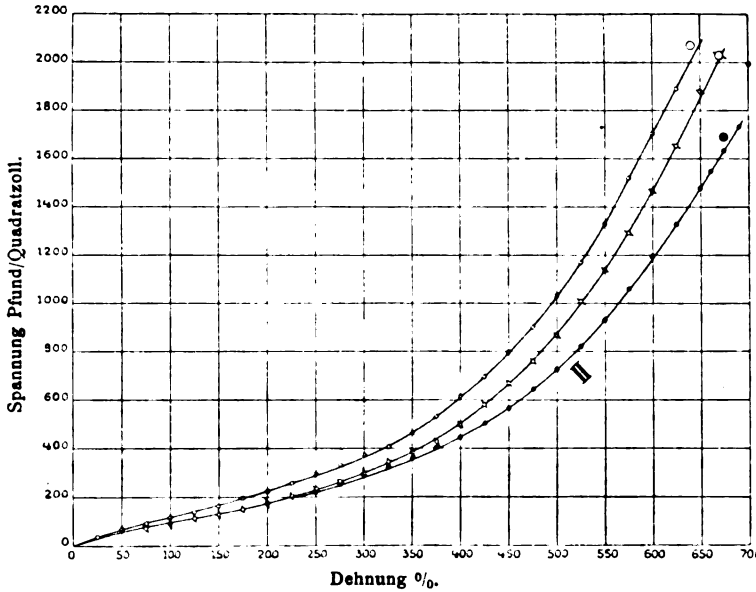


Fig. 9.

Zugdehnungskurven für Gummi, an stab- und ringförmigen Proben geprüft.

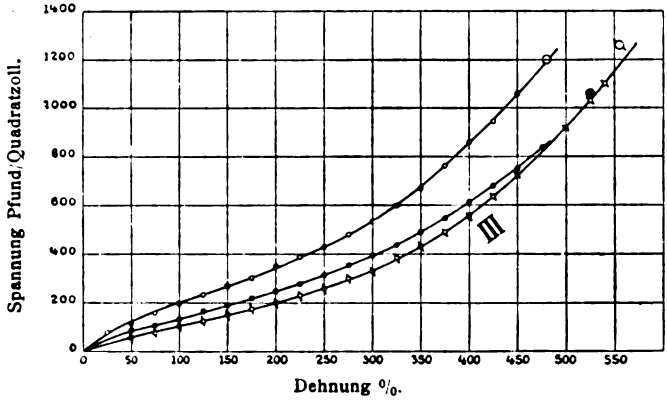


Fig. 10.

Zugdehnungskurven für Gummi, an stab- und ringförmigen Proben geprüft.

kurve desselben Gummis, in Stabform geprüft, sehr nahe liegen müßte. Das ist jedoch nicht der Fall, wie später gezeigt werden wird.

Die Figuren 8 bis 13 zeigen Zugdehnungskurven, zusammengestellt aus Prüfungsergebnissen mit stab- und ringförmigen Proben. Die Zahlen für Zugfestigkeit und Bruchdehnung, die man nach den beiden Methoden erhielt, sind in Tabellen wiedergegeben.

Digitized by Google

Die Stabproben wurden sowohl längs wie quer zu der Richtung, in welcher der Gummi durch die Kalanderwalzen gegangen war, geschnitten. Sie wurden in der Maschine Figur 4 geprüft. Die Ringproben wurden auf einer Schoppermaschine mit

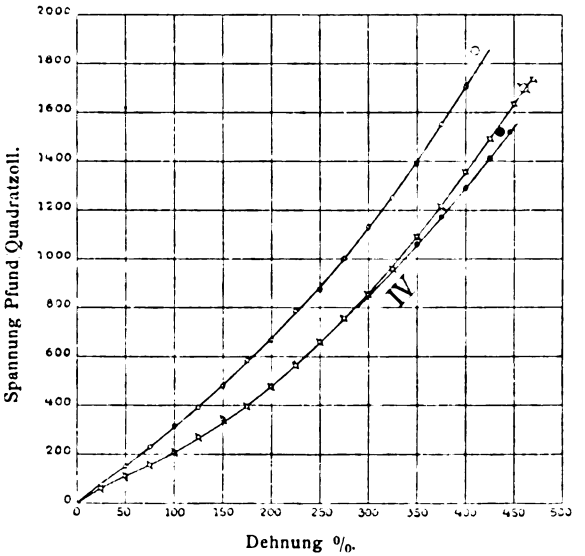


Fig. 11.

Zugdehnungskurven für Gummi, an stab- und ringförmigen Proben geprüft.

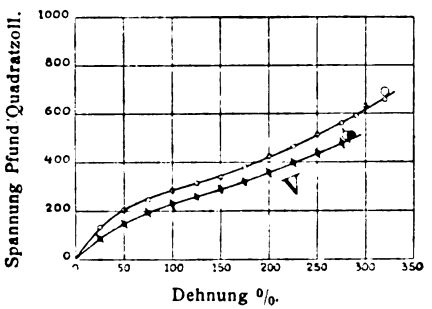


Fig. 12.

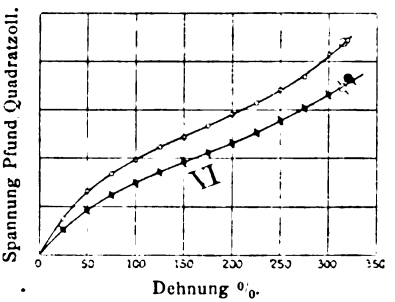


Fig. 13.

Zugdehnungskurven für Gummi, an stab- und ringförmigen Proben geprüft.

Zeichenerklärung:

- ° = Längs.
- ◊ = Quer.
- • = Ring.
- ◊ = Quer und Ring.

- o = Durchschnittliche Bruchfestigkeit (längs).
- ◇ = Durchschnittliche Bruchfestigkeit (quer).
- ● = Durchschnittliche Bruchfestigkeit (Ring).

Digitized by Google

Rotationsvorrichtung geprüft. In jedem Falle wurden die Proben mit einer Schnelligkeit von etwa 8 Zoll in der Minute gedehnt. Eine Anzahl von Proben, sowohl stab- wie ringförmige, speziell im Falle Nr. 3, zeigten abnorm niedrige Zugfestigkeit und Dehnung, infolge von kleinen Löchern oder kleinen Sandteilchen an der Bruchstelle. Solche Proben sind nicht bei den Resultaten in den mitgeteilten Tabellen berücksichtigt, deren jede einen Durchschnitt von 5 bis 15 Versuchen darstellt.

Quer über jede der ringförmigen Proben wurde eine Linie gezogen, um die Längsrichtung anzugeben, und die Lage des Bruches wurde aufgezeichnet. Die Ringe zeigten eine Neigung, längs dieser Linie zu reißen, und bewiesen dadurch, daß die Platten in der Längsrichtung, also in der Walzrichtung am festesten waren. Dieser Unterschied in der Festigkeit zeigt sich bei den Stabproben außer bei dem Gummi Nr. 3.

Man sieht aus Figur 8 bis 13, daß die Kurve für Querproben unter der für Längsproben liegt, daraus ersieht man, daß ein gegebener Zug eine größere Verlängerung erzeugt, wenn er quer

Resultate über die relative Festigkeit und Dehnung von Gummi, geprüft an stab- und ringförmigen Proben.

Kautschukmischung			1	2	3	4	5	6
Zugfestigkeit in Pfund pro Quadratzoll	Stabform	Längs L*)	2730	2070	1200	1850	690	880
		Quer T	2575	2030	1260	1700	510	690
	Ringform R		2140	1690	1060	1520	510	730
R/L			0·78	0·82	0·88	0·82	0·74	0·83
R/T			0·83	0·83	0·84	0·89	1·00	1·06
Bruchdehnung in Prozenten	Stabform	Längs L	630	640	480	410	320	315
		Quer T	640	670	555	460	280	315
	Ringform R		635	675	525	435	285	320

*) „Längs" gibt die Richtung an, in welcher der Gummi durch die Kalanderwalzen gegangen ist.

Digitized by Google

zur Walzrichtung, als wenn er längs derselben ausgeführt wird. Es ist daher zu erwarten, daß die Dehnung eines Ringes geringer sein wird als die einer Querprobe. Die natürliche Verschiedenheit im Gummi genügt jedoch oft, um kleine Differenzen in der Dehnung zu verschleiern, die der Prüfungsmethode zuzuschreiben sind.

Im Falle Nr. 5 und 6 fallen die Kurven für die Ringproben und die Stabquerproben praktisch zusammen, und es zeigt sich, daß die Zugfestigkeit dieser beiden Gummisorten recht gut übereinstimmt, wenn sie nach diesen beiden Methoden geprüft werden. Es muß jedoch bemerkt werden, daß bei den besseren Gummisorten die Verschiedenheit hinsichtlich der Festigkeit nach den beiden Methoden sehr ausgeprägt ist.

Obschon der Unterschied nicht groß ist, scheinen die Querproben eine Tendenz zu größerer Dehnung als die Längsproben zu besitzen, trotz der größeren Festigkeit, die sich in letzterem Falle zeigt.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIII$_1$

ÜBER HOLZPRÜFUNG.

Offizieller Bericht von Prof. **M. Rudeloff**, Berlin-Lichterfelde W.

In seiner Sitzung am 22. März 1910 hat der Vorstand des Verbandes die Aufgabe:

> „Es ist zu untersuchen, wie weit es empfehlenswert wäre, die Holzuntersuchungen nicht allein an kleinen ausgewählten Holzproben, sondern auch an größeren Stücken mit Fehlern und Strukturvariationen auszuführen."

neu aufgestellt und mich ersucht, das Referat über diese Frage zu übernehmen.

Indem ich diesem Ersuchen entspreche, ist zu erörtern:

1. Was bezweckt die Untersuchung an größeren Stücken? und
2. auf welchem Wege wird dieser Zweck am sichersten erzielt?

Die „einheitlichen Methoden für die Prüfung von Holz", welche vom Verbande auf dem Brüsseler Kongreß 1906 aufgestellt sind[1]), erstrecken sich lediglich auf Versuche an kleinen, nach bestimmten Grundsätzen aus dem Stamm entnommenen Proben. Dabei ist ausdrücklich vorgesehen, daß tunlichst astfreie Stücke zu den Versuchen verwendet, jedenfalls aber die Ergebnisse für astfreie und für ästige Proben auseinandergehalten werden sollen.

Die mit astfreien Proben erzielten Ergebnisse können naturgemäß nur Aufschluß geben über die technischen Eigenschaften des in dem untersuchten Stamm enthaltenen astfreien Holzes an sich, nicht aber über die für den Konstrukteur besonders wichtige und auch wirtschaftlich bedeutungsvolle Frage nach der Ausnutzbarkeit

*) Bericht d zur Aufgabe 23.

Digitized by Google

der Stämme verschiedener Holzarten und der zulässigen Beanspruchung der gewonnenen Bauhölzer in der Konstruktion. Diese Werte sind nicht allein von den technischen Eigenschaften des gesunden, astfreien Holzes abhängig, sondern in hervorragendem Maße bedingt durch die Störungen im regelmäßigen Wuchs des Stammes, besonders durch eingeschlossene Aststellen.

Liegen nun neben den Versuchen mit kleinen ausgewählten Proben gesunden Holzes auch solche mit ästigen Proben vor, so gestattet der Vergleich beider unter Umständen wohl ein Urteil über den Einfluß der Astknoten auf die Festigkeit des Holzes; das Urteil ist aber insofern ein beschränktes, als es nur für die gewählte Probenform und für die zufällige Lage der Fehlstelle in dem immerhin nur geringen Querschnitte des Versuchsstückes gilt. Die oben erwähnten Fragen nach der wirtschaftlichen Ausnutzbarkeit des untersuchten Stammes und der zulässigen Beanspruchung vermögen derartige Vergleichsversuche an kleinen Stücken nicht zu lösen. Hierzu sind Versuche mit großen Proben solcher Art erforderlich, daß ihre Festigkeitseigenschaften sowohl durch die zufälligen als auch durch die im regelmäßigen Wuchs des Holzes gegebenen Fehler in gleicher Weise beeinflußt werden wie die Eigenschaften der dem Stamm zu entnehmenden Gebrauchsstücke (Balken, Streben usw.)

Während nun durch die Entnahme und Prüfung kleiner Proben die Möglichkeit gegeben ist, von Fall zu Fall die Eigenschaften des Holzes der zu irgendeinem Bauwerk zu verwendenden Stämme vor der endgültigen Verarbeitung einzeln festzustellen, ohne dem Gebrauchswert der Stämme durch Materialaufwand für die Proben Abbruch zu tun, muß naturgemäß bei Entnahme großer Proben der Stamm mehr oder weniger gänzlich für die Versuche geopfert werden. Jedenfalls aber geht ein großer Teil von dem Gebrauchswerte des Stammes bei der Erprobung an großen Stücken verloren. Die Kosten, welche mit einem derartigen Materialaufwand verbunden sind, werden nur in ganz besonderen Ausnahmefällen Versuche an großen Stücken zur Erprobung einzelner Holzlieferungen als lohnend und angebracht erscheinen lassen. Derartig kostspielige Versuche können vielmehr im wesentlichen nur die Aufgabe haben, durch einmalige umfassende Erprobung solcher Stämme, welche die typischen Eigenschaften der zu untersuchenden Holzarten darstellen, für die Eigen-

Digitized by Google

schaften der letzteren allgemein gültige Grenzwerte zu ermitteln, die der Konstrukteur dann seinen Berechnungen solange zu Grunde legen kann, bis Ergebnisse weiterer einschlägiger Untersuchungen eine Berichtigung der älteren Versuchswerte bedingen.

Bei Erwägung des Weges, der zur Erreichung des vorgenannten Zweckes am sichersten zu beschreiten ist, sind in Betracht zu ziehen:

a) die Auswahl der Probestämme,
b) die Art der anzustellenden Versuche,
c) die Art der Probeentnahme aus dem Stamm und
d) die Auswertung der Ergebnisse.

a) Bei **Auswahl der Probestämme** ist zu unterscheiden zwischen dem willkürlichen Bezuge von Stämmen aus dem Handel, d. h. aus größeren Holzlagern und der Materialbeschaffung durch systematisch geleitete Fällung typischer Stämme im Walde.

Vom wissenschaftlichen Standpunkte aus verdient die systematische Fällung der Probestämme unbedingt den Vorzug. Sie gestattet, bei der Auswertung der Versuchsergebnisse Rücksicht zu nehmen:

1. auf den Einfluß der in der Höhenlage und in der Bodenbeschaffenheit des Standortes gegebenen Wachstumsverhältnisse sowie
2. der Fällungszeit,
3. der verschiedenartigen forsttechnischen Behandlungen der Waldbestände insbesondere insofern, als letztere auf gutes Verwachsen der Astknoten und Beseitigung der von Seitentrieben (Wasserreisern) herstammenden Mängel im Wuchs des Holzes hinzielen. Die Ergebnisse kämen somit nicht nur dem Konstrukteur, sondern auch dem Forstmann zugute,
4. der Art der Lagerung der gefällten Stämme bis zum Zerlegen, Lagern an der Luft oder im Wasser beim Flößen.

Bei der systematischen Fällung dürfte ferner schon eine geringe Zahl von Probestämmen zuverlässigere Durchschnittswerte liefern als der Bezug von Probestämmen aus dem Handel. Dagegen würde der letztere den Vorteil bieten, zumal wenn der Bezug von einer größeren Sägemühle erfolgt, daß

Digitized by Google

1. nur solche Stämme zur Untersuchung gelangen, wie sie in Wirklichkeit verwendet zu werden pflegen und nach dem im Handel üblichen Urteil als brauchbar erachtet sind, ferner
2. daß die Auswahl noch nach den beim Zerlegen gemachten Beobachtungen getroffen werden kann und
3. die Abfallstücke besondere Verwendung finden würden.

b) **Art der anzustellenden Versuche.** Im Hinblick auf die hauptsächlichste Verwendung des Holzes zu Balken und Streben dürfte den praktischen Bedürfnissen Genüge getan sein, wenn die Untersuchungen auf Biege- und Knickversuche beschränkt werden oder allenfalls auch noch auf die Ermittlung der Festigkeit der Verbindungen von auf Zug beanspruchten Balkenenden und von Verzahnungen ausgedehnt werden.

c) **Für die Probenentnahme** ist die Erzielung praktisch unmittelbar ausnutzbarer Ergebnisse maßgebend. Zu unterscheiden ist hierbei zwischen Versuchen an Bau- und Grubenhölzern.

Für die Grubenhölzer kommen wohl ausschließlich Rundhölzer mit dem vollen Querschnitte des Stammes von geringem Durchmesser in Frage, also entweder schwächere Stämme überhaupt oder Abschnitte von dem Kopfende stärkerer Stämme, deren übriger Teil für Bauholz verwendbar ist.

Zur Erprobung des Bauholzes wären zu untersuchen, entsprechend der praktisch üblichen Zerlegung der stärkeren Stämme, sowohl Balken oder Streben mit dem erreichbar größten quadratischen oder rechteckigen Querschnitt als auch Vierkanthölzer, die aus letzteren durch zwei über Kreuz geführte Längsschnitte erhalten sind.

Bei Erprobung der Grubenhölzer wäre es von besonderer Bedeutung, auch den Einfluß des Imprägnierens auf die Festigkeit mit in die Untersuchung hineinzuziehen. Da die Imprägnierungsflüssigkeit erfahrungsgemäß in das ältere oder Kern-Holz nicht einzudringen vermag, so kann der Einfluß des Tränkens unter Umständen ein zweifacher sein. Die Festigkeit des Probestückes kann Veränderungen erfahren erstens unmittelbar dadurch, daß das getränkte Holz andere Eigenschaften annimmt, als es ungetränkt besaß, und zweitens mittelbar dadurch, daß mit den Änderungen in der Dehnungszahl der getränkten Holzteile auch Änderungen in der Verteilung der Spannungen über den Querschnitt der Probe verbunden sind.

Digitized by Google

Zu beachten bleibt bei der Entnahme der Proben ferner die Lage der Astknoten zur Probenmitte. Beim Biegeversuch mit Einzellast in der Mitte zum Beispiel steht zu erwarten und vorliegende Versuche bestätigen dies, daß die Biegefestigkeit durch die Astknoten nur dann beeinträchtigt wird, wenn die Entfernung der Knoten von der Mitte der Probe über ein gewisses Maß nicht hinausgeht. Dieser Umstand steht in unmittelbarem Zusammenhange mit der Abnahme der Biegungsspannungen nach den beiden Auflagern der Probe hin und dementsprechend wird für die in Rede stehende Entfernung auch kein allgemein gültiges Maß sich finden lassen. Letzteres hängt vielmehr ab von der jeweiligen Größe des Einflusses des Astknotens auf die Festigkeit, es wird also dann erreicht sein, wenn die örtliche Festigkeitsverminderung durch den Astknoten größer ist als der Unterschied zwischen der größten rechnungsmäßigen Beanspruchung in Mitte Probe und dem Querschnitt mit dem Astknoten.

Im Hinblicke hierauf bleibt zu erwägen, ob es sich nicht empfiehlt, bei den Biegeversuchen mit großen Stücken von der üblichen Belastungsweise mit einer Einzellast in der Mitte abzugehen und die Versuche mit zwei Kraftangriffsstellen auszuführen, da dann die Biegungsbeanspruchungen in allen Querschnitten zwischen den Kraftangriffsstellen gleich groß sind und somit der Einfluß der Lage der Aststellen zur Probemitte ausscheidet. Will man aber die Versuchsweise mit Einzellast in der Mitte beibehalten, so wird man die für den Konstrukteur brauchbarsten Werte, weil es auf alle Fälle die niedrigsten sind, dann gewinnen, wenn die Probe so aus dem Stamm geschnitten wird, daß sie eine der Aststellen in der Mitte zwischen den Widerlagern enthält.

Bei Druck- oder Knickversuchen führen die Aststellen, die örtliche harte Stellen darstellen, meistens zum Aufspalten des Holzes, bevor wesentliches Ausbiegen der Probe eingetreten ist. Die Lage der Aststellen zur Probenmitte dürfte daher bei diesen Versuchen von geringerem Belange sein als bei den Biegeversuchen.

Auf alle Fälle aber sollten den Ergebnissen zu deren richtigen Beurteilung kurze Angaben über Lage und Zustand der vorhandenen Aststellen beigefügt werden, gleichgültig, ob der Bruch an einer solchen Stelle eingetreten ist oder nicht.

d) **Die Auswertung der Versuchsergebnisse.** Zur möglichst vollständigen Klarstellung der Festigkeitseigenschaften für alle An-

Digitized by Google

wendungsgebiete würden die Untersuchungen sich sowohl auf lufttrockenes als auch auf wassergetränktes Holz zu erstrecken haben. Jedenfalls wäre zu allen Versuchen der Feuchtigkeitsgehalt, den die Probe beim Versuche besaß, mitzuermitteln und anzugeben. Nun pflegen, besonders bei Nadelhölzern, an Aststellen Harzanreicherungen stattzufinden, die die Wasseraufnahme beeinträchtigen. Es erscheint daher nicht ausgeschlossen, daß bei Versuchen an großen Stücken, deren Festigkeit im trockenen Zustande wesentlich von den Aststellen abhängt, der Einfluß der letzteren zurücktritt, wenn die Festigkeit des astfreien Holzes an sich durch Wasseraufnahme verringert ist. Diese Frage hat besondere Bedeutung bei der Verwendung von Holz zu Wasserbauten, da bejahendenfalls bei der Auswahl des Nutzholzes zu Wasserbauten auf das Vorhandensein von Aststellen keine Rücksicht genommen zu werden brauchte, was dem Nutzungswerte des Holzes zugute kommen würde. Um nun hierüber bestimmte Aufklärung zu erhalten, wäre es im wissenschaftlichen Interesse empfehlenswert, neben den Versuchen mit großen Stücken auch Biegeversuche an kleinen astfreien Proben anzustellen, um an ihnen den Einfluß des Feuchtigkeitsgehaltes auf die Festigkeit des an den großen Stücken untersuchten Holzes an sich festzustellen. Die kleinen Proben wären zweckmäßig den Enden der großen Stücke nach deren Prüfung zu entnehmen.

Für gewisse Zwecke kämen ferner in Frage Untersuchungen über den Einfluß des Dämpfens und Darrens. Auch hier wären Parallelversuche mit kleinen und großen Proben am Platze.

Die Untersuchung hätte sich neben der Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes und der Beschreibung des äußeren Zustandes zu erstrecken auf die Feststellungen:

1. des Alters des Holzes;
2. des mittleren Jahreszuwachses (Jahrringbreite);
3. des Anteiles von Kern und Splint am Querschnitt;
4. des Raumgewichtes;
5. der Biegefestigkeit;
6. des Verlaufes der Durchbiegung mit wachsender Belastung bis zum Bruch;
7. der Knick- oder Druckfestigkeit;
8. des Verlaufes des seitlichen Ausknickens und
9. der Längenabnahme mit wachsender Druckbeanspruchung.

Digitized by Google

Die unter 1.—4. genannten Eigenschaften dürften wie bekanntlich bei kleinen Proben so auch bei großen Stücken von wesentlichem Einfluß auf deren Festigkeit sein, und es erscheint nicht ausgeschlossen, daß es zur richtigen Bewertung der Hölzer erforderlich ist, die Hölzer gleicher Art nach den Eigenschaften unter 1.—4. in bestimmte Festigkeits-Gruppen zu teilen.

Für die Biegefestigkeit sind sowohl die erzielten Bruchlasten als auch die hieraus berechneten Bruchspannungen anzugeben.

Besondere Erwägung erfordert die Art der Spannungsberechnung. In der mehrfach erwähnten „Aufstellung einheitlicher Methoden für die Prüfung von Holz“ ist empfohlen, die Biegungsspannungen σ „nach der bekannten Biegungsformel[1]) zu berechnen“, mit der ausdrücklichen Hinzufügung: „unter die Annahme ihrer Gültigkeit bis zum Bruch“. Nach anderen Untersuchungen soll diese Annahme bei weitem nicht zutreffen. Bereits auf dem Kopenhagener Kongeß im Jahre 1909 legte Professor Fuji Tanaka (Tokio) einen Bericht[2]) vor, in dem von ihm dargelegt wurde, daß die allgemein üblichen Formeln für die Berechnung der Biegefestigkeit nur unter der Annahme verwendet werden können, daß die Inanspruchnahme bis zum Bruch der Spannung proportinal und die berechnete Spannung σ konstant wird. Dementgegen hätten aber Versuche gezeigt, daß σ durchaus nicht konstant, sondern eine Funktion von der Höhe h des Probenquerschnittes sei, derart, daß σ sich um so größer ergebe, je kleiner h sei. Professor Tanaka empfiehlt daher die Berechnung nach Formel $\frac{3}{2}\frac{Pl}{b} = \sigma' h^n$ und zu ihrem Gebrauche die Feststellung der für die verschiedenen Holzarten zueinandergehörigen Werte von σ' und n durch Versuche.

Zum Nachweis der Richtigkeit seiner Formel fügt Professor Tanaka seinem Bericht zahlreiche Ergebnisse aus Biegeversuchen mit verschiedenen Holzarten bei und zeigt an ihnen, daß die Werte von σ' und n selbst bei Schwankungen von h innerhalb weiter Grenzen für dieselbe Holzart konstant bleiben.

---

[1]) Da für die Versuche Einzellast in der Mitte vorgesehen ist, so kommt die Formel in Frage $Pl = M = 4\,W\,\sigma = \frac{2}{3}\,b\,h^2\,\sigma$, in der bedeuten: P die Belastung, l die Stützweite, W das Widerstandsmoment, b die Breite und h die Höhe des Probenquerschnittes.

[2]) Siehe „Mitteilungen“ 1910, Nr. 15, Seite 190.

Digitized by Google

Leider fehlen in dem Bericht Angaben darüber, wie die Proben von verschiedenen Abmessungen aus den Stammquerschnitten entnommen sind. Es ist daher nicht zu ersehen, wie groß der Anteil von Kern- und Splintholz an dem Probenquerschnitt war, und wie die biegenden Kräfte zu den Jahrringen gerichtet waren. Diese Umstände sind bekanntlich von nicht zu vernachlässigendem Einfluß auf die Biegefestigkeit, und es wäre außerordentlich überraschend und wichtig, wenn diese Einflüsse bei Berechnung der Bruchspannungen nach der Formel von Tanaka ganz entfallen sollten.

Es dürfte sich empfehlen, einer Kommission die Frage der Untersuchung von Holz an großen Stücken und auch die Nachprüfung der Formel von Professer Tanaka zu übertragen.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIII 2

ÜBER HOLZBIEGEPROBEN,

ausgeführt in der staatlich-dänischen Versuchsanstalt in Kopenhagen.

A. Auszug aus einem Bericht über Vergleichsversuche von Bohlen und Brettern zwecks Feststellung ihrer Tauglichkeit zur Verwendung in Gerüsten.

(Übersetzt von A. Wagener.)

I. Einleitung.

Die nachfolgend besprochenen Prüfungen wurden durch ein vom Kopenhagener Ministerium der öffentlichen Arbeiten (Board of Works) am 15. Oktober 1909 ausgehendes Rundschreiben veranlaßt, in dem die Verwendung von vierkantigen, zugeschnittenen (besäumten) $1^1/_2$zölligen Tannenbrettern für die Gerüstränder (Gerüstrandbretter) vorgeschrieben wurde, während hierzu bisher rohkantige (baumwalzige), $1^1/_4$zöllige Tannenbretter verwendet worden waren. Die staatliche Versuchsstation fand es angebracht, bevor das Justizministerium diese Verordnung bestätigte, zu prüfen, ob dieselbe einen höheren Sicherheitsgrad gewährleistete.

Die Gerüstränder sind kantige Bohlen, welche im Gerüst parallel mit den Gebäudemauern laufen und an senkrechten Mastbäumen befestigt sind. Sie tragen das eine Ende der wagrechten Querbalken, welche rechtwinklig zu den Mauern liegen und die Gerüstbretter tragen; das andere Ende der wagrechten Balken steckt in der Mauer.

Um die Versuchsbedingungen festzulegen, wurde ein Ausschuß ernannt, welcher aus Mitgliedern des Direktorenkollegiums der staatlichen Versuchsstation bestand, einem Vertreter des erwähnten

Digitized by Google

Ministeriums der öffentlichen Arbeiten, sowie aus Vertretern des Holzhändlerverbandes und von fünf Meister-, Taglöhner- und Arbeiterverbänden der Maurer- und Zimmerleute.

II. Auszug aus den in der Ausschußsitzung vom 2. Jänner 1910 festgelegten Prüfungsbedingungen.

1. Die zu prüfenden Bretter müssen teilweise rohkantig, $1^1/_4$" dick und von üblicher Breite, teilweise vierkantig $1^1/_2 \times 8$" zugeschnitten sein, sie müssen zur Verwendung als Gerüstränder bestimmt sein oder erst kürzlich als solche in Kopenhagen angewendet worden sein. Jedes der sechs letztgenannten Ausschußmitglieder hat ein Sechstel der Bretter auszuwählen oder zu stellen. Die Bretter müssen nach Möglichkeit mittlere Ware und von den betreffenden Ausschußmitgliedern gekennzeichnet und vor dem 10. November eingesandt worden seien. Die Herkunft des Holzes ist, wenn möglich, anzugeben.

2. Vor den Versuchen werden die Bretter möglichst gleichmäßig getrocknet und nach dem Zuschneiden gewogen.

3. Die Prüfung besteht in langsamen Biegeproben und in Schlagproben. Für beide Prüfungsarten werden die Balken an jedem Ende mittelst 4zölliger Stifte, sowie eines darunter angebrachten 7 oder 8" hohen und 3 oder 4" breiten Dielhalters an lotrechte Pfosten befestigt, deren Abstand voneinander 6' beträgt; es ist dies der größte nach den Vorschriften des Kopenhagener Ministeriums der öffentlichen Arbeiten vom 15. Oktober 1909 statthafte Abstand der Gerüstmastbäume. Der Dielhalter wird mit zwei 4zölligen Drahtstiften befestigt.

An den rohkantigen Längsbalken wird die Kante abgesägt, bevor der Dielhalter angebracht wird. Die knotigere Seite der besäumten, sowie die gewölbte Seite der rohkantigen Längsbalken werden für die Versuche nach oben gekehrt.

4. Bei den langsamen Biegeproben wird nur die Bruchbelastung bestimmt, der Druck wirkt auf die Mitte auf eine Länge von 4".

5. Bei den Schlagproben fällt dasselbe Gewicht je einmal aus mehreren nacheinander zur Anwendung gelangenden Höhen; die Höhezunahme ist von Schlag zu Schlag dieselbe und es wird festgestellt, bei welcher Fallhöhe der Bruch eintritt. Die Gewichtsgröße wird durch einige Vorversuche ermittelt, sie muß aber wenigstens 80 kg betragen, das ist z. B. das Gewicht einer Ladung Ziegel.

Digitized by Google

6. Da jede Bretterprüfung von jedem der sechs Herren fünfmal wiederholt werden muß, sind im ganzen 120 Balken erforderlich.

III. Das Prüfungsmaterial.

Nachdem die Bretter eingesendet worden waren, verblieben sie bis zum 30. November in einem Keller der Versuchsstation. An diesem Tage und am nächstfolgenden wurden fünf vierkantig zugeschnittene und fünf rohkantige Bretter jeder Sorte für die Biegeproben herausgenommen, die andern verblieben im Keller für die Schlagproben.

IV. Biegeproben.

Es wurde an jedem Ende der für die Biegeproben ausgesuchten Bretter ein gleich langes Stück abgesägt, so daß man über 8'

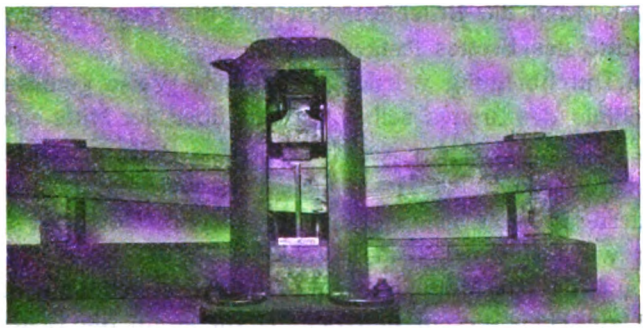


Fig. 1.

lange Probestücke verfügte. Jede Serie dieser Probestücke wurde von Seiten der Prüfungsanstalt mit den Erkennungsziffern 1 bis 6 versehen.

Die abgesägten Bretter wurden in ein Zimmer der Prüfungsanstalt gebracht und entsprechend ihrer Zifferbezeichnung je auf einen besonderen Haufen gelegt, bis sie am 9. Jänner 1911 annähernd gleichmäßig getrocknet waren.

Zur Durchführung der Prüfungen wurde ein Balken benützt, an dem zwei aufrecht stehende Pfosten, wie Fig. 1 zeigt, angebracht waren.

Die an jedem Balkenende angebrachten Pfosten waren — gemäß den Bestimmungen des Board of Works of Copenhague (Kopen-

Digitized by Google

hagener Ministeriums der öffentlichen Arbeiten), wonach Gerüstmastbäume wenigstens 5 × 5" haben müssen — je 5" breit und ungefähr 4" dick und mittelst Stiften und Schrauben befestigt.

An diese Pfosten wurden die Probebretter mittelst vier 4zölligen Drahtstiften genagelt. Unter dem Brett war an jedem Pfosten ein Dielhalter angenagelt, der aus einem Brett von gleicher Dicke wie das Probebrett bestand. Die Dielhalter waren ungefähr 7" hoch und 4" breit; sie wurden an den Pfosten mittelst je zwei 4zölliger Drahtstiften befestigt. Der Abstand zwischen den Dielhaltern und den Balken betrug ca. $^1/_2$", so daß die Dielhalter den Balken nicht berührten. Nachdem das Brett und die Dielhalter am Balken angenagelt waren, wurde der letztere auf den Tisch der Prüfungsmaschine gebracht und das Brett in der Mitte durch einen 4" langen Klotz in der Längsrichtung beschwert; der Klotz war am Querhaupt der Maschine befestigt. Durch den Versuch wurden die Bruchfestigkeit und die Biegung beim Bruch in der Mitte des Brettes festgestellt.

Die Durchbiegung wurde auf folgende Weise gemessen: Auf der Mittellinie des Brettes selbst wurden über der Mitte eines jeden Pfostens (siehe Fig. 1) ein Nagel, resp. eine Rolle angebracht. Am Nagel wurde ein Stück Draht befestigt, welches über die Rolle am andern Pfosten geleitet und durch ein Gewicht gespannt gehalten wurde. Unter dem Druckklotz in der Mitte des Brettes wurde auf dessen Mittellinie ein Zeichen angebracht, und der Abstand zwischen diesem und dem Draht ergab die Biegung.

Das Probebrett wurde an die Pfosten genagelt, nachdem es gemessen und abgewogen worden war. Zu jedem Satz von fünf Brettern wurde ein neues Paar Pfosten verwendet und Sorge getragen, daß beim Befestigen der Bretter die Stifte die Stiftlöcher der vorher angebrachten Bretter nicht trafen; ähnlich wurde beim Annageln der Dielhalter verfahren. Von der oberen Randrinde der rohkantigen Bretter wurde, wo der Druckklotz das Brett berührte, nichts abgeschnitten.

Nach den Biegeproben wurde die Feuchtigkeit jedes Brettes an möglichst nahe der Bruchstelle ausgesägten Stücken bestimmt.

Wir wollen hier die einzelnen Resultate nicht anführen, aber wir bringen in Tafel I für jeden Satz aus fünf vierkantig zugeschnittenen, bzw. rohkantigen Brettern die Mittelwerte betreffs der Abmessungen in der Mitte des Gewichtes, der Bruchbelastung, der Biegung und der Feuchtigkeit.

Digitized by Google

Tafel I. Durchschnittsresultate der Biegeproben.

Art des Brettes	Erkennungsziffer	Zustand der Bretter	Breite in der Mitte	Dicke in der Mitte	Gewicht	Bruchfestigkeit	Durchbiegung	Feuchtigkeit
			cm	cm	kg	kg	mm	%
Vierkantig zugeschnitten (Kantholz)	1	neu	20·0	3·8	9·730	2767	—	11·9
	2	„	20·1	3·8	10·330	2855	2·7	12·4
	3	„	20·6	3·9	9·720	2262	1·8	12·1
	4	gebraucht	20·3	3·8	8·810	1702	1·8	11·4
	5	neu	20·5	3·9	10·480	2535	2·2	11·2
	6	gebraucht	20·2	3·8	10·130	2270	2·0	10·9
		Mittel . . .	20·3	3·8	9·870	2399	2·1	11·7
Rohkantig (Baumwalze)	1	neu	16·5	3·4	8·090	1822	—	13·1
	2	„	17·9	3·2	8·770	2028	2·7	11·8
	3	„	18·3	3·3	8·950	2205	3·0	12·3
	4	„	18·4	3·3	8·530	2163	2·6	11·7
	5	4 neu, 1 gebr.	18·2	3·3	8·470	2212	2·7	10·1
	6	2 neu, 3 gebr.	16·4	3·3	8·020	2138	3·3	11·7
		Mittel . . .	17·6	3·3	8·470	2095	2·9	11·8

Digitized by Google

V. Die Schlagproben.

Am 8. und 9. Mai 1911 wurden von jedem Ende der für die Schlagprüfungen aufbewahrten Bretter gleichlange Stücke abgesägt, so daß man Probestücke von 8″ Länge erhielt. Jedes Probestück wurde seitens der Versuchsanstalt mit den vorerwähnten Erkennungsziffern 1 bis 6 versehen. Während der Prüfung waren die Bretter, nachdem sie gemessen und abgewogen worden waren, auf die oben beschriebene Art an die vertikalen Pfosten befestigt.

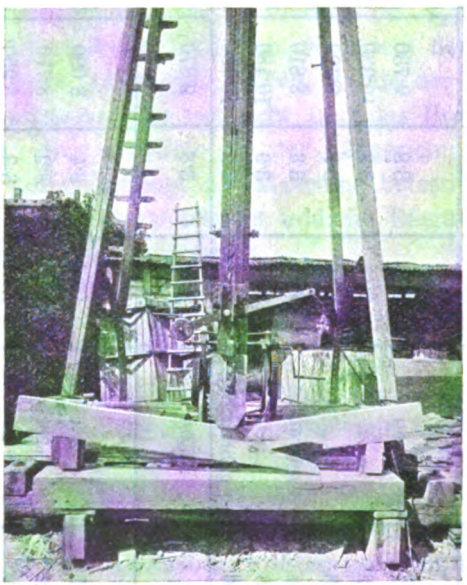


Fig. 2.

Zur Durchführung der Schlagproben wurde ein Fallwerk benützt und als Unterlage für den Balken wurden zwei Pfosten mittelst des Fallwerkes in den Boden getrieben. Die Pfostenenden, auf denen der Balken ruht, wurden durch Aufnageln von Brettstücken abgeebnet, so daß der Balken möglichst gut auf den Pfosten auflag.

Nach dem Guß betrug das Gewicht des Fallklotzes annähernd 77 kg, d. h. etwas weniger wie ursprünglich angenommen, und die Berührungsfläche des Klotzes mit dem Brett betrug 4×4″.

Die Anordnung ersieht man aus Fig. 2. Das Probebrett wurde stets so auf die eingestampften Pfosten gelegt, daß das Gewicht symmetrisch auf die Brettmitte fiel.

Digitized by Google

Tafel II. Durchschnittsresultate der Schlagproben.

Art des Brettes	Erkennungsziffer	Zustand der Bretter	Breite in der Mitte	Dicke in der Mitte	Gewicht	Fallhöhe	Feuchtigkeit
			cm	cm	kg	cm	%
Vierkantig zugeschnitten (Kantholz)	1	neu	20·2	3·8	9·890	88	13·8
	2	„	19·9	3·8	10·290	94	12·6
	3	„	20·6	3·8	9·560	66	13·5
	4	„	20·6	3·9	9·500	82	12·8
	5	gebraucht	20·3	3·8	10·830	78	13·6
	6	neu	20·6	3·8	9·870	64	13·4
		Mittel . . .	20·4	3·8	9·990	79	13·3
Rohkantig (Baumwalze)	1	neu	17·0	3·4	8.830	108	13·5
	2	„	16·2	3·3	7·350	74	11·6
	3	„	16·8	3·3	8·570	86	12·7
	4	„	19·4	3·3	9·100	94	13·0
	5	1 neu, 4 gebr.	18·0	3·4	8·920	98	13·1
	6	neu	17·5	3·3	7·920	80	14·5
		Mittel . . .	17·5	3·3	8·450	90	13·1

Digitized by Google

Bei den ersten Versuchen betrug die Fallhöhe des Gewichtes 50 cm; als aber auch das zweite der Probebretter bei dieser Fallhöhe brach, setzte man die Anfangshöhe auf 30 cm herab. Nach jedem Schlag wurde die Fallhöhe um 10 cm vergrößert, bis der Bruch eintrat. Die Fallblockhöhe wurde durch Einsetzen von 30, 40 usw. cm hohen Stäben festgelegt.

Die Feuchtigkeit wurde, wie bei den Biegeproben, aus Probestücken, welche möglichst nahe an der Bruchstelle abgesägt worden waren, bestimmt. Wir berichten über die Einzelresultate nicht, sondern geben, wie oben, die Mittel von jedem vierkantig zugeschnittenen, resp. rohkantigen Fünfbrettersatz in bezug auf Abmessungen in der Mitte, Gewicht, Fallhöhe und Feuchtigkeit wieder (siehe Tafel II).

VI. Ergebnisse der Gerüstbretterprüfungen.

Aus Tafel I ersieht man genau, daß bei den Biegeproben die scharfbesäumten Balken den rohkantigen im Durchschnitt überlegen waren, aber wie Tafel II zeigt, ergeben die Schlagproben das Gegenteil. Es war bei der letzten Prüfungsart nicht nur eine durchschnittlich viel größere Höhe zum Bruch der rohkantigen als zu dem der vierkantigen Bretter erforderlich — nämlich 90 cm gegen 79 cm — sondern bei jedem einzelnen Satz von fünf Brettern variiert die Bruchhöhe für die vierkantig zugeschnittenen viel mehr als für die rohkantigen Bretter. So schwankte der Unterschied zwischen der größten und der niedrigsten Bruchhöhe zwischen 60 und 100 cm für die scharfkantigen und zwischen 30 und 70 cm für die rohkantigen Bretter.

Die Schlagproben müssen als die wichtigeren betrachtet werden, da praktisch die meisten Brüche vorkommen, wenn die Lasten auf die Gerüste geworfen werden und dies insbesondere, wenn die letzteren schon sehr belastet sind. Die Versuchsanstalt ist daher der Ansicht, daß die Probeergebnisse die Abschaffung der bisherigen Gepflogenheit der Verwendung ausgesuchter Rohbretter sowie die Festsetzung der Vorschrift, vierkantig behauene $1^1/_2 \times 8$zöllige Bretter zu verwenden, nicht rechtfertigen.

Indem sich die Prüfungsanstalt zu dieser Ansicht bekannte, hat sie den Preis der Bretter nicht berücksichtigt. Auch in dieser Hinsicht besteht kein Vorteil bei Anordnung der Verwendung von $1^1/_2 \times 8$zölligen vierkantig zugeschnittenen Gerüstrandbrettern, da diese teurer sind als die bis jetzt verwendeten $1^1/_4$zölligen roh-

Digitized by Google

kantigen Bretter. In Anbetracht ihrer vom Holz dicht ausgefüllten Abmessungen enthalten die vierkantigen Bretter ein viel größeres Holzvolumen. Bei den Biegeproben betrug die Durchschnittsfläche der Querschnitte durch die Mitte für die vierkantigen Bretter 77·8 cm^2, jedoch nur 58·4 cm^2 für die rohkantigen Bretter. Bei den Bruchproben betrugen diese Durchschnitte 78·0 resp. 57·9 cm^2. Infolge dieses bedeutenden Unterschiedes ergaben die Schlagproben ein niedrigeres Resultat für die vierkantigen $1^1/_2 \times 8$zölligen, als für die rohkantigen $1^1/_4$zölligen Bretter.

B. Betrachtungen über die Qualität des Holzes der roh- und vierkantigen Gerüstrandbretter.

Die oben erwähnten Prüfungen wurden, wie erwiesen, an Kantenbrettern angestellt, deren freie Länge 188 cm betrug, also an Hölzern ganz anderer Abmessungen wie die vom Internationalen Verband für die Baumaterialprüfungen vorgeschriebenen. Bei so großen Abmessungen hat das Holz gewöhnlich einige Fehler, welche die Resultate beeinflussen, wogegen für die gemäß den internationalen Vorschriften angestellten Prüfungen gewöhnlich Probestücke mit einer freien Länge von 1·5 m und einem Querschnitt von 10×10 cm angewendet werden und vorzugsweise astfreies Holz ausgesucht wird. Die Versuchsresultate werden auf diese Weise selbstverständlich weniger zufällig, aber andererseits eher zu hoch im Vergleich mit den praktisch vorkommenden Fällen. Früher schon hat Prof. Hatt von der amerikanischen Ackerbauverwaltung (U. S. A. Departement of Agriculture) auf dem im Jahre 1906 in Brüssel stattgefundenen internationalen Kongreß für die Prüfungen der Baumaterialien, wo diese Bestimmungen anerkannt wurden, behauptet, Holz müsse durch Biegen ganzer Balken geprüft werden, und berichtete auf dem Kongreß von Kopenhagen 1909, im Anschluß hieran über eine große Zahl von durch die Forstabteilung der amerikanischen Ackerbauverwaltung (Forest Service of the U. S. Departement of Agriculture) ausgeführten Prüfungen. Diese Prüfungen waren sowohl an kurzen, ausgewählten, wie an möglichst großen Probestücken angestellt worden, so daß der Einfluß der Holzfehler, wie Äste, Sprossen u. dgl., möglichst groß werden konnte. Von ähnlichen amerikanischen Versuchen mögen die von Arthur N. Talbot in University of Illinois Engineering Experiment Station, Heft Nr. 41, 1909, veröffentlichten erwähnt werden.

Digitized by Google

Nach diesen Versuchen beträgt die Festigkeit der großen Probestücke nur 48—76% derjenigen der kleinen Stücke. Die Festigkeit der kleinen Stücke war demgemäß 32—108% größer als die der großen.

Man ersieht daraus, daß die amerikanischen Forscher zur Holzprüfung möglichst große Probestücke verwenden, indem sie die bei der praktischen Verwendung benützte Form vorziehen. Auf dem Kongreß von Kopenhagen wurde beschlossen, die Frage im Verbande weiter zu verfolgen.

Beim Prüfen von Gerüstbrettern verwendete die staatliche Versuchsanstalt, wie oben beschrieben, Holzstücke von baugerechten Formen. Da aber diese Versuche keinen Aufschluß über die Qualität des Holzes der rohkantigen und vierkantigen Bohlen geben, weil die ersteren einen unregelmäßigen Querschnitt hatten und die letzteren viele Knoten enthielten und beim Bearbeiten viele Fasern durchschnitten worden waren, hat die Station diese Prüfungen durch einige an kurzen knotenlosen Probestücken angestellten Versuche ergänzt, welche aus fünf vierkantigen und fünf rohen Bohlen gleicher Qualität, wie die mit Nr. 3 bezeichneten, ausgeschnitten worden waren.

Die kurzen Probestücke hatten eine Querschnittsfläche von ca. 28 × 28 mm; diese konnte nicht größer gewählt werden, da sie quadratisch und gleich groß für die rohkantigen und die vierkantigen Bohlen sein mußte.

Die Probestücke wurden aus der Mitte der breiten Seite der Bretter geschnitten und für den Versuch so gelegt, daß nach Möglichkeit die Fasern der Seite, welche radial im Stamme lagen, gespannt wurden.

Um die Probestücke denjenigen, wie sie vom Internationalen Verband für die Prüfungen der Baumaterialien empfohlen (Querschnittsfläche 10 × 10 cm, freie Länge 150 cm) wurden, gleichzugestalten, wurde für den Versuch eine freie Länge von 40 cm benützt.

Nach dem Versuch wurde die Feuchtigkeitsbestimmung an in der Nähe der Bruchstelle aus dem Probestück ausgesägten Scheiben angestellt.

Die Prüfung ergab, daß bei Anwendung kurzer Probestücke die Bruchfestigkeit gegen 83% (für die Proben aus vierkantigen

Digitized by Google

Brettern) und gegen 48% (für die Proben aus rohkantigen Brettern) höher war als diejenige der ganzen Bretter.[1])

Da es interessant war, den Unterschied der Festigkeit, in kg pro cm^2 ausgedrückt, zwischen flach und auf der Kante liegenden Brettern durch Versuche festzustellen, wurden auch Biegeproben mit einigen flachgelegten Brettern angestellt. Diese Versuche umfaßten fünf vierkantige und fünf rohkantige Bretter derselben Sorte wie Nr. 3. Diese wurden auf eine Länge von 8' abgeschnitten, abgewogen und gemessen wie bei den vorher besprochenen Biegeproben.

Es ergab sich, daß die Bruchfestigkeit in kg pro cm^2 bei den vierkantigen Brettern bis 49% und bei den rohkantigen bis 40% zunimmt, wenn sie auf der flachen Seite statt auf der Kante liegend geprüft werden.

C. Versuche zur Erklärung des Holzbruches beim Biegen in der Querrichtung.

Mehrere Autoren weichen stark von einander in ihren Erklärungen für die Erscheinung ab, wonach gebogenes Holz viel öfter dadurch bricht, daß die Fasern auf der gespannten Seite zerreißen, als daß sie auf der gedrückten Seite zerdrückt werden, und dies, trotzdem die Zugfestigkeit des Holzes ungefähr dreimal größer ist als seine Druckfestigkeit.

Tetmajer schreibt in seinem unten erwähnten Buche[2]): „Jenseits der Elastizitätsgrenze scheinen die neutralen Fasern sich gegen die gepreßten äußersten Fasern hin zu verschieben." Er ist demnach der Ansicht, daß die neutrale Achse sich gegen die Druckseite hin verschiebt; es ist jedoch darin seine Vorstellung darüber nicht ersichtlich, in welcher Weise dies die erwähnte Tatsache erklären könnte, da die Summe der Zugspannungen in einem Querschnitt der Summe der Druckspannungen gleich sein muß, und die erwähnte Verschiebung der neutralen Achse die größten Zugspannungen mehr verringern würde, wenn sich die Achse nicht bewegte.

[1]) Bei der Berechnung der Biegefestigkeit der ganzen Bretter wurde nicht berücksichtigt, daß der Bruch bei den rohkantigen Brettern oft durch horizontale Abscherung erfolgt und nicht in den gespannten Fasern.

[2]) Mitteilung der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am Eidgen. Polytechnikum in Zürich, 2. Heft, 1884, S. 16.

Digitized by Google

In seinem Lehrbuch der Elastizität, Ausgabe 1898, S. 322, schreibt Prof. Ostenfeld, Kopenhagen: „Die Zugspannung ist viel größer (2—3mal so groß) als die Druckspannung. Beim Biegen von Holz ist daher anzunehmen, daß der Bruch so eintritt, daß sich erst (durch die Druckwirkung[1]) auf der Druckseite eine Falte bildet und der endgültige Bruch dann auf der Zugseite eintritt. Nach Wykander jedoch läßt sich diese Falte auf der Druckseite nicht immer beobachten, so daß tatsächlich der Bruch sehr oft auf der Zugseite zu beginnen scheint; dies hat wahrscheinlich seinen Grund darin, daß die Formänderungen durch den Druck nahe der Bruchgrenze schnell zunehmen können und infolge dieses Umstandes die neutrale Achse aus der Mitte verschoben wird".

Prof. Ostenfeld gibt hier nicht an, nach welcher Seite seiner Ansicht nach die neutrale Achse sich verschiebt, er denkt sie sich ohne Zweifel nach der konkaven Seite verschoben. In der neuen Ausgabe 1905 des erwähnten Werkes behandelt er dieses Thema nicht.

In seinem bedeutenden Werke über Untersuchung der Festigkeitseigenschaften von Holz[2]) hat Wykander aus Gotenburg, Schweden, an Hand seiner vielen Versuche statistisch zusammengestellt, wann der Bruch auf der Zugseite und wann er auf der Druckseite begann, was jedoch nicht immer leicht festzustellen war. Bei den Laubhölzern trat er gewöhnlich auf der Zugseite ein, während bei den Nadelhölzern, wenn die radial zur Stammitte gerichteten Fasern nach oben gekehrt waren, das Gegenteil der Fall war; waren die letztern nach unten gekehrt, so traten Druck- und Zugbrüche gleich zahlreich ein.

In dem oben erwähnten Bericht von Talbot über Prüfungen von Holzbalken ist (Seite 19) angegeben, daß bei Biegeproben die Brüche entweder auf der Druckseite oder der Zugseite oder durch wagrechten Schub einsetzen können. (Siehe die diesbezügliche Bemerkung an früherer Stelle.) Es wird weiter behauptet (S. 46), daß ganze Balken gewöhnlich eher auf der Zug- als auf der Druckseite brechen, wogegen kurze, ausgewählte Probestücke widerstandsfähiger gegen Zug als gegen Druck sind. An einer Reihe von Balken wurde die

[1]) Die eingeklammerten Worte wurden von der Versuchsstation, statt der Worte „wie oben beschrieben", eingesetzt.

[2]) Untersuchung der Festigkeitseigenschaften schwedischer Holzarten in der Materialprüfungsanstalt des Chalmerschen Institutes, ausgeführt 1897, S. 173.

Digitized by Google

Dehnung der unteren und die Verkürzung der oberen Fasern in der Balkenmitte bis zur Elastizitätsgrenze gemessen, und es wurde festgestellt, daß die Formänderungen größer auf der Zugseite als auf der Druckseite waren. Beim Berechnen des Elastizitätsmoduls aus der gemessenen Formänderung, der berechneten Zug- und Druckspannung der Fasern ergab sich, daß dieser etwas niedriger für die Zug- als für die Druckseite war. Es waren jedoch die Werte beider auf diese Weise berechneten Modulen (siehe S. 50) auffallend größer als der durch Messen der Biegungen berechnete mittlere Elastizitätsmodul.

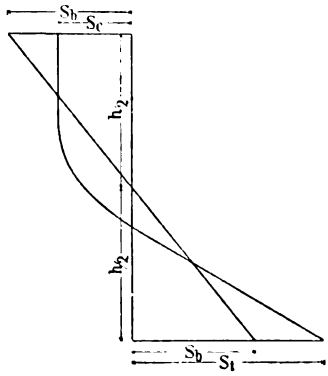


Fig. 3.

Hieraus folgerte Talbot (siehe S. 46 und 53), daß Fehler, wie Knoten u. dgl. die Widerstandsfähigkeit gegen Zug mehr beeinflussen, als diejenige gegen Druck. Er konnte jedoch nicht erklären, warum manche mit Kreosotöl getränkte Balken beim Biegen hauptsächlich zuerst auf der Druckseite brechen (siehe S. 46).

Von Talbots anderen Resultaten mag noch erwähnt werden, daß er feststellte, daß die in dem untern oder obern Drittel

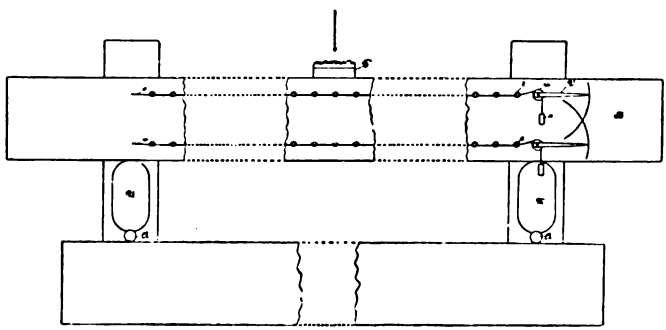


Fig. 4.

oder Viertel des Balkens, also in jenem Teil des Balkens, welcher das größte Biegungsmoment hat, eingeschlossenen Knoten außerordentlich gefährlich sind.

Digitized by Google

Soweit bekannt, gibt Prof. Suenson, Kopenhagen, in seinem Lehrbuch der Baumaterialien, Seite 225, eine eigenartige Erklärung der Tatsache, daß Holz beim Biegen meist auf der Zugseite bricht. Er erklärt dies an Hand nebenstehender Fig. 3 folgendermaßen: Da die Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen Zug annähernd dreimal so groß ist als diejenige gegen Druck, entsteht zuerst eine Falte auf der Druckseite des Balkens; sobald die Spannung hier der Druckfestigkeit des Holzes gleichkommt, kann sie nicht mehr zunehmen; die äußern Fasern falten sich zusammen, worauf die Spannungen der innern ebenfalls die Bruchfestigkeit erreichen und sich zusammenfalten usw.; zur selben Zeit verschiebt sich die neutrale Achse nach der Zugseite hin und dadurch entsteht eine große Druckfläche, worin die Spannung ziemlich gleichmäßig verteilt und der Bruchfestigkeit Sc gleich ist, sowie eine kleine Zugfläche mit sehr großen Zugspannungen St; wenn die letztern die Zugfestigkeit erreicht haben, bricht der Balken und der Bruch ist ebenso unregelmäßig wie bei den Zerreißproben. Es tritt oft schon ein teilweises Zerreißen einzelner Faserbündel auf, bevor der endgültige Bruch stattfindet.

Diese Erklärung des Herrn Suenson stützt sich jedoch nicht auf Versuche und sie war noch nicht veröffentlicht, als die staatliche Versuchsstation sich entschloß, das Problem durch Versuche aufzuklären. Diese Versuche erschienen umso wünschenswerter, da Tetmajer behauptete, die neutrale Achse verschiebe sich nach der Druckseite, wogegen sie sich nach Suenson zur Zugseite hin verschiebt. Hierzu kommt noch, daß die Erklärung Suensons keinen Aufschluß gibt über die Fälle, bei denen der Bruch auf der Zugseite beginnt.

Wir wollen daher hier über einige Versuche berichten, wo der Bruch sowohl von der einen wie von der andern Seite ausging; diese Versuche zeigen vermutlich klar genug, was sich in beiden Fällen ereignete.

Der erste Versuch wurde an einem der oben erwähnten Vierkantbretter ausgeführt, welches mit den Kanten auf Unterlagen ruhte, wie dies Fig. 4 zeigt; der Abstand der Unterlagen betrug 6′ (188 cm). Sie ruhten auf zwei runden Stäben (A) und waren oben und unten abgerundet, so daß sich das Brett (B) während des Versuches in der Längsrichtung frei auf den Unterlagen bewegen konnte. Es wurde, wie bei den vorhergehenden Prüfungen in der

Digitized by Google

Mitte bis zum Bruch durch einen 4" langen Holzklotz (T) beschwert. Um zu ermitteln, wie sich die Lage der neutralen Achse

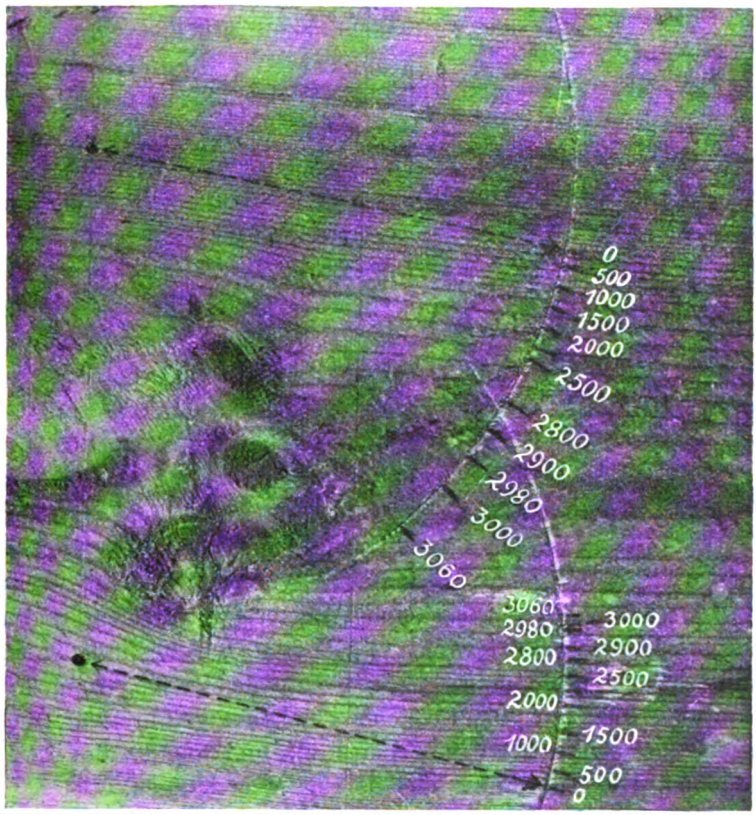


Fig. 5.

während des Versuches verändert, wurde die Verkürzung, resp. die Verlängerung an zwei ungefähr je 6 cm von der wagrechten Mittellinie des Brettes und 4 cm von den Brettkanten abliegenden Linien

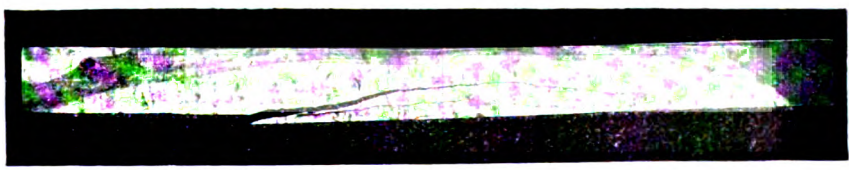


Fig. 6.

Digitized by Google

gemessen. Diese Verlängerung, resp. Verkürzung wurde dadurch gemessen, daß in die zwei Linien der Länge nach eine Reihe Heftzwecken (t) mit Glasköpfen eingedrückt wurden, ähnlich wie die, welche beim Trocknen von Photographieabzügen zu ihrer Befestigung auf Karton verwendet werden. Über die Köpfe dieser Stifte wurde ein Draht geleitet, wovon ein Ende an einem genau über der einen Unterlage angebrachten Nagel befestigt wurde. Der Draht wurde von unten nach oben über die Heftzwecken geführt, daß er dieselben an verschiedenen Punkten ihrer Länge berührte, aber von einem zum andern unter den Stiften durchging. Am andern Drahtende wurde eine Rolle (u) angebracht, welche durch einen über der zweiten Unterlage im Brett befestigten Stift gehalten wurde. Die Rolle war mit einem Zeiger (V) versehen und der Draht wurde durch ein Gewicht (v) gespannt, welches mittelst einer Schnur an der Rolle hing. Eine eventuelle Verlängerung, resp. Verkürzung der Linie, nach welcher der Draht geführt war, mußte sich so durch eine Bewegung der Rolle und folglich des Zeigers kundgeben. Die Anordnung ist aus Fig. 4 ersichtlich.

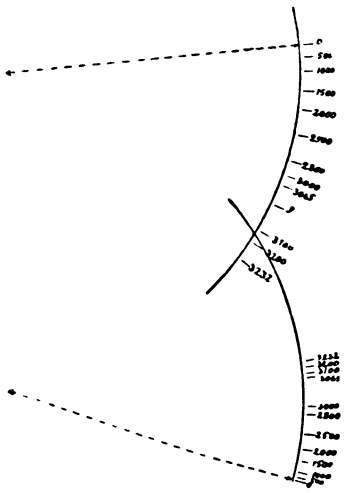


Fig. 7.

Während des Versuches wurde die Zeigerstellung bei verschiedenen Belastungen nach jeder Belastungszunahme von 500 kg auf dem Brette selbst markiert. Fig. 5 zeigt eine Photographie des Brettendes, an dem die Zeiger angebracht waren und auf der man die Zeigerstellung bei den verschiedenen Belastungen sehen kann.

Man ersieht aus der Figur, daß für Belastungen bis zu 2500 kg die Verlängerung, resp. die Verkürzung der obern und untern Linie annähernd gleich ist. Bei größeren Belastungen nehmen die Verkürzungen der obern Linie in höherem Grade zu als die Verlängerungen der untern.

Da bis zu einer Belastung von 2500 kg die Dehnung der obern und die Verkürzung der untern Linie gleich sind, beweisen diese Versuche, daß bis zu dieser Belastung die neutrale Achse in der Mitte des Brettes liegt.

Digitized by Google

Es kann angenommen werden, daß bei etwas über 2500 kg der obere Faserstrang auf der Druckseite bricht. Bei steigender Belastung bricht der nächste Strang usw. Indem sich die zerrissenen Fasern zusammenfalten, werden die übrigen mehr verkürzt; dies bewirkt, daß während des Versuchs die Verkürzungen der oberen Linie größer ausfielen als die Verlängerungen der untern. Es muß demnach angenommen werden, daß die neutrale Achse ruckweise nach der Zugseite sinkt und wenn die Spannungen der untern Fasern hinreichend groß geworden, brechen sie, wobei das Brett die Bruchgrenze erreicht hat, das heißt, keine Belastungszunahme mehr ertragen kann. Die Versuchsresultate scheinen somit die Auffassung von Herrn Suenson zu bestätigen.

Da der Bruch bei den obenerwähnten Wykanderschen Untersuchungen von Laubhölzern und speziell von Birkenholz meistenteils auf der Zugseite begann, und eine Erklärung hiefür gänzlich fehlte, wurde der betreffende Versuch an Birkenholzbrettern wiederholt.

Wie Fig. 6 zeigt, verliefen die Fasern sehr schief. Nach der Zeigerstellung (siehe Fig. 7), waren die Formänderungen bei diesem Brett nicht gleichmäßig, denn die Verkürzungen auf der Druckseite nahmen mehr zu als die Dehnungen auf der Zugseite. Bei 2800 kg Belastung trat fast in der Mitte der Zugseite ein Bruch ein, aber das Brett vermochte noch eine größere Belastung auszuhalten, sogar noch nach einer bei 3065 kg eintretenden Bruchvergrößerung. Diese bewirkte einen Bruch auf der Druckseite, infolgedessen der obere Zeiger sich nach P verschob. Das Brett vertrug eine noch größere Belastung und während sich die Lage des untern Zeigers nicht mehr änderte, bewegte sich der obere noch erheblich, bis der Druck 3232 kg erreicht hatte. Der endgültige Bruch trat hier ein, worauf die Belastung nicht mehr zunahm. Bei diesem Versuch begann der Bruch in Wirklichkeit auf der Zugseite.

Die Ursache des Einsetzens des Bruches auf der Zugseite war das Entstehen eines Risses zwischen den schief verlaufenden Fasern, ohne daß diese auseinander gedrückt worden waren.

Bei 3065 kg entstand auf der Zugseite mehr von der Mitte ab ein großer Riß, der auch hier möglich war, weil die Fasern voneinander getrennt waren, ohne auseinandergezerrt worden zu sein. Hierdurch wurde fast die ganze untere Hälfte des Querschnittes in der Mitte des Brettes wirkungslos und die neutrale Achse lag nun natürlich in der obern Hälfte des Querschnitts. Dieser ganze Vor-

Digitized by Google

gang wurde durch Unregelmäßigkeiten in der Lage der Fasern verursacht. Da die Folgen dieser Unregelmäßigkeit nun beseitigt waren, ging die zweite Hälfte des Versuches genau so vor sich wie der vorige in seinem ganzen Verlaufe, nämlich Falten auf der Druckseite, Verschieben der neutralen Achse nach unten und schließlich Brechen auf der Zugseite.

Nach dem eben Gesagten scheint diese einfache Methode die Verfolgung und Erklärung des bis jetzt etwas dunklen Vorganges beim Holzbiegen zu ermöglichen.

Während des Versuchs muß man darauf sehen, daß nicht eine größere Zahl Heftzwecken plötzlich aus dem Brett herausspringt, ihre Glasköpfe bersten oder das Brett selbst von der Maschine abspringt

Schlußfolgerung.

Es ergibt sich aus den vorherigen Untersuchungen folgendes:

1. Es besteht kein triftiger Grund, als Gerüsträndер vierkantige Bretter statt rohkantiger vorzuschreiben, da die ersteren teurer sind, ohne eine größere Sicherheit zu gewährleisten.

2. Da kleine, ausgewählte Probestücke eine größere Festigkeit ergeben als ganze, durch Materialfehler geschädigte Balken, hat man alle Ursache, die Prüfung unter Berücksichtigung der praktischen Verwendung des Holzes so viel wie möglich an Stücken mit baugerechten Formen vorzunehmen.

Durch Aufnahme der beschriebenen Methode in der Abteilung C wird es ermöglicht, festzustellen, warum das Holz beim Querbiegen manchmal auf der Zugseite und manchmal auf der Druckseite bricht.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIII$_3$

HÄRTEPRÜFUNG DES HOLZES MITTELS KUGELDRUCKVERFAHRENS.

Von k. k. Forstmeister **Dr. Gabriel Janka** in Mariabrunn.

Auf dem Kongresse des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik in Brüssel 1906 war gelegentlich der Beratung und Beschlußfassung über die Grundsätze für einheitliche Verfahren zur Prüfung von Holz auch eine Resolution angenommen worden, dahin lautend, daß das Brinellsche Verfahren zur Bestimmung der Härte des Holzes von Bedeutung und daß die Ausführung ergänzender Versuche wünschenswert sei.

Diese Resolution stützte sich auf jene Untersuchungen und Erfahrungen, welche ich unter dem Titel „Die Härte des Holzes" im Zentralblatt für das gesamte Forstwesen 1906 veröffentlicht hatte. Ergänzende Versuche habe ich dann in der gleichen Zeitschrift in der Abhandlung „Über Holzhärteprüfung", 1908, publiziert und auch späterhin das von mir vorgeschlagene Verfahren der Härteprüfung des Holzes gelegentlich der Qualitätsprüfung anderer Holzarten („Eschenholz zu Ski", 1911) in Anwendung gebracht, so daß ich es als berechtigt erachte, dieses Verfahren der Härteprüfung der Hölzer dem Internationalen Verband für die Materialprüfungen der Technik auf seinem VI. Kongreß in New York zur Begutachtung zu unterbreiten und dessen Aufnahme unter die obligatorischen oder fakultativen Prüfungsverfahren des allgemeinen Arbeitsplanes für die Materialprüfungen des Holzes vorzuschlagen.

Dieses Verfahren der Härteprüfung des Holzes mittels Kugeldruckes lehnt sich an das von Brinell in die Materialprüfung eingeführte Härteprüfungsverfahren der Metalle an, weicht aber in einigen Punkten wesentlich von demselben ab. Es besteht darin, daß eine an einem Druckstücke angebrachte eiserne Halbkugel

Digitized by Google

von 1·00 cm² größtem Kreise, also von 5·642 mm Radius, mittels stetigen Druckes zwischen den Druckplatten der Materialprüfungsmaschine in die geglättete Oberfläche des zu prüfenden Holzes bis zu jenem großen Kreise eingedrückt und der Widerstand bestimmt wird, den das Holz dem Eindringen der Halbkugel entgegensetzt. Diese in Kilogramm ausgedrückte Widerstandskraft des Holzes wird direkt als Holzhärte angesehen, und da der hiedurch hervorgebrachte Eindruck in der Oberfläche des Holzes 1·00 cm² beträgt, ist derselbe in kg/cm² gegeben. Es kann zwar auf diese Weise die Härte des Holzes in jeder Faserrichtung ermittelt werden; es empfiehlt sich aber, die Hirnholzhärte (Druckrichtung von Hirn aus parallel der Faserrichtung) als Vergleichshärte eines Holzes anzunehmen.

Ein Versuch, die Härte von Hölzern zu bestimmen, liegt von Prof. Dr. Büsgen-Hannover-Münden vor. Die Methode Büsgens besteht darin, daß eine Stahlnadel mit Hilfe eines Apparates, welcher der Bodensonde nachgebildet ist, mittels allmählich aufgelegter Gewichte bis auf 2 mm Tiefe ins Holz eingetrieben wird; das hiezu erforderliche Gewicht, ausgedrückt in Grammen, stellt direkt die Härtezahl dar.[1]) Die Bedenken, die gegen diese Einstichmethode sprechen, sind ähnlicher Natur wie die gegen die Kegeldruckmethode (siehe später) geltend gemachten. Auf diese will ich kurz eingehen.

Prof. Dr. P. Ludwik-Wien hat mit Recht darauf hingewiesen, daß die bei der Kugelprobe (an Metallen) erhaltenen Härtezahlen wegen der geometrischen Unähnlichkeit der mit verschieden großen Kugeln und mit verschieden großen hiebei angewendeten Drücken verschieden hoch ausfallen und hat daher vorgeschlagen, an Stelle der Kugel einen Kreiskegel zu verwenden, bei dem alle Eindrücke in dem zu prüfenden Material geometrisch ähnlich ausfallen. Ich habe gleichfalls Härteprüfungen von Hölzern mit einem Kreiskegel durchgeführt, dabei aber gefunden, daß sich für die Härteprüfung des Holzes die von mir vorgeschlagene Methode mittels eiserner Halbkugel besser eignet als die Kegelprobe, und zwar aus folgenden Gründen: Zunächst entfällt der Vorwurf, daß die mit der Kugel erhaltenen Eindrücke verschieden groß, geometrisch unähnlich ausfallen und daher dem Kickschen Gesetze der proportionalen Widerstände nicht entsprechen, bei der von mir an-

[1]) Zur Bestimmung der Holzhärten. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1904.

Digitized by Google

gewendeten Härteprüfungsmethode, da ja die Halbkugel von 1 cm^2 größtem Kreise stets bis zu diesem größten Kreise ins Holz eingedrückt wird. Alle Eindrücke sind somit kongruent, und verschieden ist nur der Widerstand, den verschieden harte Hölzer dem Eindringen der Halbkugel entgegensetzen; dieser Widerstand ist eben die Holzhärte. Ferner ist das Holz kein homogener Körper in dem Sinne, wie es ein Metall ist, sondern besteht in der Hauptsache aus langgestreckten Elementarorganen, wobei diese wiederum, je nachdem sie dem weichen Frühholze oder dem harten Spätholze angehören, eine verschiedene Härte aufweisen. Die Kegelspitze wird daher, gleichwie eine eingedrückte Nadel oder ein eingetriebener Nagel, beim Eindringen ins Holz von Hirn aus, also in der Längsrichtung der Fasern, den harten Spätholzmänteln der Jahrringe möglichst auszuweichen suchen und vermöge der Elastizität der Fasern diese zur Seite schieben, wodurch die Härte des Holzes nicht voll zum Ausdrucke kommen kann. Bei der Kugelprobe werden dagegen alle der Kugel entgegenstehenden Fasern, sowohl die weichen des Frühholzes als die harten des Spätholzes, gleichmäßig zusammengedrückt und gestaucht, woraus eine sichere Härtezahl resultiert. Die Kegelprobe bringt also nur eine Art der Härte des Holzes, und zwar die Härte gegen das Eindringen eines Nagels, zum Ausdrucke, während die durch die Kugelprobe erhaltene Härte mit keiner anderen bei der Bearbeitung des Holzes zu überwindenden Härte zu vergleichen ist und daher gleichsam eine neutrale Härte darstellt, was ich als einen Vorzug der von mir vorgeschlagenen Härteprüfungsmethode betrachte. Ein Zeichen, daß bei der Kugelprobe die Elastizität der Holzfaser stark im Spiele ist, ist der Umstand, daß die durch den Kreiskegel hervorgebrachten Eindrücke im Hirnholze und noch mehr im Längsholze nach Herausnahme des Kegeldruckstückes ihre Kreisform verlieren und unrund werden, was bei der Kugelprobe nicht eintritt, ferner daß beim Eindrücken des Kegels ins Längsholz (senkrecht zur Faserrichtung) oft eine größere Härte erhalten wird als beim Eindrücken von Hirn aus, weil eben im ersteren Falle die harten Spätholzmäntel der Kegelspitze nicht ausweichen können und durchbrochen werden müssen. Die Kegelprobe ergibt geringere Härtezahlen als die Kugelprobe, es werden daher geringe Unterschiede in der Härte, besonders bei weichen Holzarten, verschwinden, die bei der Kugelprobe noch deutlich in Erscheinung treten.

Digitized by Google

Alle diese Umstände rechtfertigen es, daß ich bei der Härteprüfung des Holzes der Kugelprobe vor der Kegelprobe den Vorzug gebe und daher die Kugelprobe für die Härteprüfungen des Holzes empfehle.

Es hat sich gezeigt, daß die auf diese Weise erhaltene Härte

Tabelle I.

Festigkeitseigenschaften und Härte des Fichten-, Lärchen- und Eschenholzes.

Holzart	Nr. der Probe	Spezifisches Gewicht lufttrocken	Biegungs-Elastizität und -Festigkeit			Druckfestigkeit		Härte im lufttrockenen Zustande
			Elastizitätsmodul	Tragmodul	Bruchmodul (Biegungsfestigkeit)	im lufttrockenen Zustande	im absolut trockenen Zustande	
		100fach	t/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²
Fichte	1	34·7	87·1	331	487	309	523	168
	2	36·4	93·4	332	543	332	579	197
	3	39·4	102·2	392	570	336	629	213
	4	40·7	124·4	423	595	403	709	206
	5	42·5	117·5	402	664	406	738	237
	6	44·2	121·9	419	742	418	773	247
	7	47·3	138·4	477	781	484	861	311
	8	50·4	141·8	509	835	534	957	324
	9	53·5	150·3	520	871	573	1053	341
Lärche	1	48·5	84·4	335	650	369	729	260
	2	50·2	103·6	342	685	443	785	270
	3	55·3	114·7	361	740	481	916	289
	4	56·5	101·6	423	820	492	888	318
	5	59·1	126·1	536	749	576	1030	321
	6	63·1	153·9	599	1013	596	1096	327
	7	64·2	160·8	726	1040	654	1184	381
	8	65·1	155·8	581	1115	683	1161	439
	9	71·0	153·9	572	1166	683	1244	494
Esche	1	50·3	67·0	249	636	394	639	476
	2	58·5	84·3	322	846	462	787	574
	3	63·4	106·9	385	1010	554	975	630
	4	68·6	117·0	460	1239	588	1036	612
	5	70·0	148·5	588	1029	649	1138	628
	6	71·8	139·7	571	1258	609	1158	744
	7	77·5	160·0	579	1382	634	1222	828
	8	84·0	167·4	750	1563	759	1352	1012
	9	88·7	151·8	589	1500	770	1312	1066

Digitized by Google

innerhalb derselben Holzart abhängig ist vom Feuchtigkeitsgehalte und vom spezifischen Gewichte des Holzes in der Art, daß, wie bei allen übrigen Festigkeitsarten, bei gleichem Feuchtigkeitsgehalte das spezifisch schwerere, bei gleichem spezifischem Gewichte das trockenere Holz die größere Härte aufweist.

Nur wird bei sehr niedrigem, durch künstliche Trocknung des Holzes herbeigeführtem Feuchtigkeitsgehalte (etwa unter 10% Wassergehalt) die Zunahme der Härte sehr gering, vermutlich aus

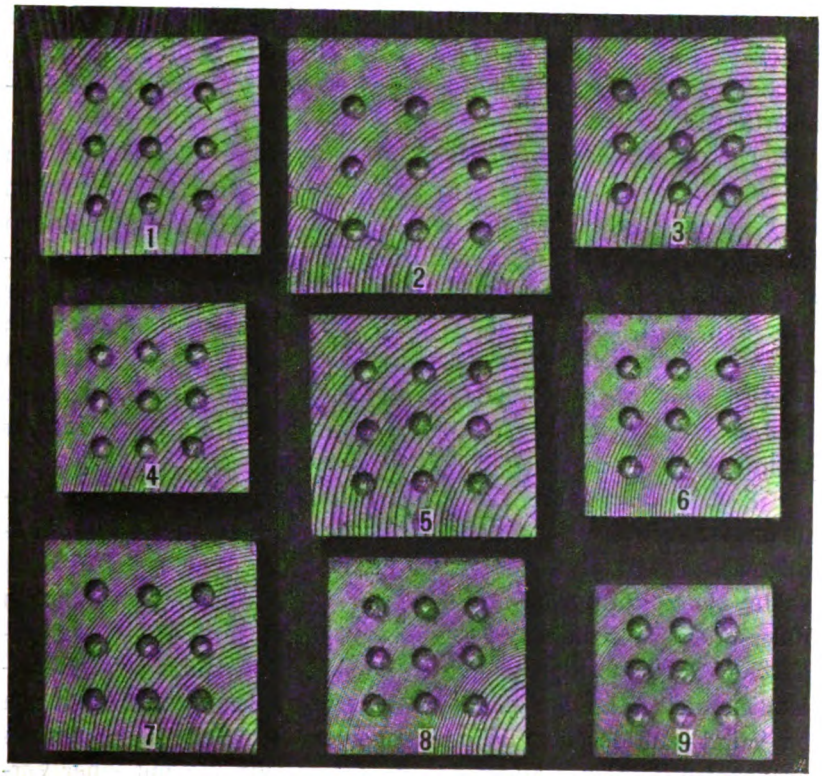


Fig. 1.
Ansicht der Querschnittflächen von auf Härte geprüften Fichtenhölzern.

dem Grunde, weil dann das Holz sehr spröde wird und der seitliche Zusammenhang der Fasern leidet. Es empfiehlt sich daher, die Härteprüfungen der Hölzer im lufttrockenen Zustande, etwa bei 15% Feuchtigkeit (dem Normalfeuchtigkeitsgehalte) vorzunehmen; allenfalls ist der Feuchtigkeitsgrad der geprüften Hölzer zu ermitteln

Digitized by Google

und der Härtezahl beizufügen, wie dies ja für das Material Holz bei allen Festigkeitsprüfungen erforderlich ist.

Die mit der angegebenen Härteprüfungsmethode erhaltenen Härtezahlen des Holzes gehen mit den Elastizitäts- und Festigkeitseigenschaften für Druck und Biegung parallel, wodurch der Beweis erbracht ist, daß diese Härteprüfungsmethode auf die technische Qualität eines Holzmateriales einen guten Rückschluß gestattet und, wenigstens für vergleichende Qualitätsprüfungen des Holzes, die Elastizitäts- und Festigkeitsprüfungen eventuell ersetzen könnte.

Ich gebe in der nachstehenden Tabelle I die Ergebnisse einiger Festigkeits- und gleichzeitig Härteprüfungen für Fichtenholz, Lärchenholz und Eschenholz als Beweis der obigen Schlußfolgerungen wieder.

Die Tabelle zeigt deutlich, wie die Härte der Hölzer bei den verschiedenen Holzarten mit dem spezifischen Gewichte und den Festigkeitseigenschaften Hand in Hand geht. Die in der obigen Tabelle I mit ihren technischen Eigenschaften angeführten 9 Fichtenholzproben sind in der nebenstehenden Abbildung 1 auch im Bilde dargestellt, um zu zeigen, daß auch schon nach dem Aussehen der Querschnittfläche ein Rückschluß auf die technische Qualität von Hölzern der gleichen Holzart möglich ist. Auch gibt diese Abbildung die Verteilung der 9 Einzelprüfungen auf Härte auf der quadratischen Querflächen der Holzprobe wieder.

Ich will schließlich als Beispiel nur noch einen Ausnahmsfall anführen, bei welchem die Druckfestigkeit mit der Härte eines Holzmateriales nicht gleichen Schritt hält und bei welchem eine exakte Härteprüfung erforderlich war, um einen vermeintlichen Widerspruch aufzuklären. Es handelt sich um das Verhältnis zwischen Druckfestigkeit und Härte bei dem Holze von Nadelbäumen, welche infolge ständiger, einseitiger Beanspruchung durch den Wind auf der dem Winde abgewendeten Seite des Stammes sogenanntes Rotholz gebildet haben, das gleichzeitig mit einer Verbreiterung der Jahrringe verbunden ist. Diese breitringige Seite nennen die Holzhauer die „harte Seite", die dem Winde zugewendete schmalringige Seite „weiche Seite". Professor Dr. Schwappach hat nun darauf hingewiesen, daß beim Holze der Kiefer diese „harte" Seite eine geringere Druckfestigkeit besitze als die gegenüberliegende „weiche" Seite, daß also die Ausdrücke „harte" und „weiche" Seite nicht der Druckfestigkeit entsprechen.

Digitized by Google

Die von mir mit der Kugeldruckmethode durchgeführten Härteprüfungen an solchen exzentrisch gewachsenen Stämmen der Fichte, Lärche und Tanne und die gleichzeitig vorgenommenen Druckfestigkeitsprüfungen ergaben, daß tatsächlich die Druckfestigkeit der „harten" Seite geringer ist als jene der „weichen" Seite, daß aber andererseits die Härte der „harten" Seite tatsächlich größer

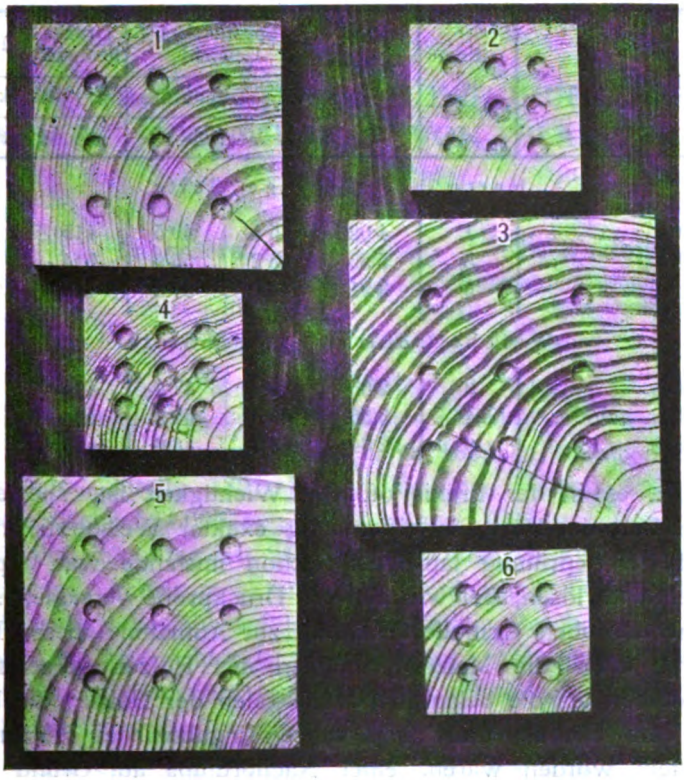


Fig. 2.
Harte und weiche Seite der Nadelhölzer.

ist als diejenige der „weichen" Seite. Damit war einerseits die Richtigkeit der von den Holzhauern gemachten Unterscheidung in „harte" und „weiche" Seite, andererseits die ausnahmsweise Nichtübereinstimmung zwischen Druckfestigkeit und Härte eines Holzmaterials erwiesen. Ich gebe in der nachstehenden Tabelle II die Festigkeits- und Härtezahlen von den obigen 3 Holzarten, sowie in Fig. 2 die Ansicht der Querschnittflächen der auf Härte geprüften

Digitized by Google

Hölzer wieder, wobei die Holzscheiben 1, 3 und 5 die breitringige „harte“ Seite, die Scheiben 2, 4 und 6 die demselben Stammquerschnitt entnommenen Querschnitte der „weichen“ Seite von Fichte (Nr. 1 und 2), Lärche (Nr. 3 und 4) und Tanne (Nr. 5 und 6) darstellen.

Tabelle II.

Erklärung der Fig. 2.

Holzart	Nr. der Probe	Jahrringbreite	Spezifisches Gewicht		Druckfestigkeit	Härte
			absolut trocken	lufttrocken	lufttrocken	
		mm	100fach		kg/cm²	
Harte (breitringige) Seite						
Fichte	1	4·02	45·4	49·5	415	328
Lärche	3	5·25	53·2	55·9	514	502
Tanne	5	3·91	44·9	47·8	412	435
Weiche (schmalringige) Seite						
Fichte	2	2·63	43·4	47·4	474	274
Lärche	4	3·36	52·3	55·2	568	346
Tanne	6	2·34	43·7	46·6	426	389

Da es in der Praxis oft von Wichtigkeit ist, speziell die Eigenschaft der Härte in ziffermäßig exakter Weise zu erhalten und die Härteprüfung tatsächlich schon imstande war, Spezialprobleme zu lösen, bei welchen die Druckprobe versagte, so erscheint der oben formulierte Antrag zur Aufnahme dieser Härteprüfung unter die Materialprüfungen des Holzes gerechtfertigt, um so mehr, als die bekannten Härteskalen der Hölzer, die bisher nach dem Gefühle und nach vagen Angaben der Holzarbeiter aufgestellt worden waren, einer Nachprüfung auf Grund ziffermäßig exakter Härteprüfungen bedürfen.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIII$_4$

ÜBER DIE MITTEL ZUR ERHÖHUNG DER WIDERSTANDSFÄHIGKEIT VON PFLASTERUNGS-HÖLZERN.

Von

P. Labordère,
Ingénieur des Ponts et Chaussées

und

D. Anstett,
Leiter der Materialprüfungsanstalt der Stadt Paris.

(Übersetzt von Dr. Ing. H. Marcus, Berlin.)

Die Benützung von Holzpflaster als Straßenbelag ist in Paris seit der ersten Verwendung im Jahre 1881 in ständiger Zunahme begriffen. Bereits 1891 betrug die mit Holzpflaster bedeckte Straßenfläche 534.000 m^2; am 1. Jänner 1911 waren es ungefähr 2,220.000 m^2, oder fast 24% der gesamten Oberfläche der Pariser Fahrwege. Immer mehr und mehr wird durch diese geräuschlose und widerstandsfähige Pflasterungsart die Beschotterung, welche zwar auch geräuschlos ist, aber sich sehr rasch abnützt, verdrängt. In vielen Straßen wird auch das geräuschvolle Steinpflaster durch Holz ersetzt.

Um eine allgemeine Verwendung des Holzpflasters zu ermöglichen, hat man sich bemüht, den Selbstkostenpreis durch möglichste Ausschaltung des Zwischenhandels zu verringern. Zu diesem Zwecke bezieht die Stadt die Bohlen unmittelbar von den Herstellern; in einer städtischen Anstalt werden die Pflasterstücke geschnitten und getränkt. Die jährliche Ausgabe für Holzpflaster stellt sich trotzdem im Vergleiche zu anderen Pflasterungsarten recht hoch.

Im Jahre 1910 sind für Straßen- und Holzpflaster mehr als 2,400.000 Frcs. sowohl für Erhaltung als zu neuen Arbeiten

Digitized by Google

verausgabt worden. Der jährliche, auf 1 m^2 bezogene Betrag wäre somit 1 Frc. gegen 0·85 Frc. für Steinpflaster, 1·32 Frc. für Asphalt und 2·08 Frcs. für Beschotterung. Diese Ausgaben dürften sich sogar, nicht nur infolge der Vergrößerung der Straßenoberfläche, sondern auch insbesondere infolge der wachsenden Verkehrsdichtigkeit, sehr rasch vermehren.

Die Holzpflaster, die in Paris durchschnittlich neun Jahre halten, müssen in den belebtesten Straßen alle fünf oder sechs Jahre erneuert werden.

Diese rasche Abnützung bedeutet eine schwere Belastung des städtischen Budgets. Auch in anderer Hinsicht ist sie außerordentlich nachteilig; die häufigen Ausbesserungsarbeiten verursachen nämlich eine starke Störung des Straßenverkehrs.

Es ist begreiflich, daß es unter diesen Umständen für die städtische Verwaltung der Pariser Arbeiten sehr wichtig ist, die Mittel festzustellen, welche die Widerstandsfähigkeit und somit auch die Lebensdauer der Holzpflaster zu vermehren geeignet sind. Hiebei kommen nur harzreiche Hölzer (Strandkiefer, Föhre, Fichte, Rottanne) in Betracht, denn die Erfahrung hat zur völligen Ausschließung von Harthölzern geführt.

Nachdem der Verwaltung verschiedene Verfahren zur Besserung des Holzpflasters vorgeschlagen worden sind, gelangten wir zu dem Entschlusse, eine Reihe von Versuchen zu diesem Zwecke selbst durchzuführen.

Die einzige Behandlung, welcher die Hölzer in Paris bisher unterworfen werden, hat kein anderes Ziel als die Verhütung der Fäulnis. Sie besteht darin, daß die Pflasterhölzer unmittelbar nach dem Absägen mit schwerem Steinkohlenteeröl, das reich an Phenolen ist, getränkt werden. Im allgemeinen erfolgt diese Imprägnierung durch einfaches Eintauchen. Da sich indessen die Fäulnis in den engen und wenig befahrenen Straßen weiter einstellte, hat man sich seit einigen Jahren bemüht, eine bessere Tränkung zu erzielen, indem man unter einem Druck von 5 kg das fette Öl in das Holz eindringen ließ.

Auf Grund einer ersten, in den Jahren 1908 und 1909 in unserer Anstalt durchgeführten Versuchsreihe hatten wir festgestellt, daß durch die Imprägnierung mit schwerem Öl unter Druck nur die physischen Eigenschaften der Hölzer verbessert werden können; es werden nämlich einerseits die Porosität (d. h. die nach dem

Digitized by Google

Eintauchen aufnehmbare Wassermenge) und andererseits die durch Feuchtigkeit verursachte Ausdehnung vermindert. Dagegen ist die Tränkung auf die mechanische Widerstandsfähigkeit der Hölzer ohne jegliche Wirkung.

Wie es auch sein mag, ob unter Druck oder nicht, ist jedenfalls die Imprägnierung mit schwerem Öl (oder das Kreosotieren) immer vorteilhaft. Sie ist aber unzureichend, wenn es sich um Pflaster für verkehrsreiche Straßen handelt. Solche Pflaster werden durch die mechanische Wirkung zerstört und daher ist eine Erhöhung ihrer Widerstandsfähigkeit erforderlich.

Verschiedene Erfinder hatten uns wiederholt Pflaster angeboten, die nach besonderen Verfahren, welche angeblich eine wesentliche Festigkeitszunahme herbeiführen sollten, imprägniert waren; von diesen Verfahren waren die meisten wertlos. Hingegen sind in den letzten Jahren durch gewisse, ziemlich umständliche Behandlungsarten sehr beachtenswerte Ergebnisse erzielt worden und dies veranlaßte uns, die Ursachen, auf deren Wirkung die beobachteten Verbesserungen zurückzuführen wären, zu erforschen.

Um die Festigkeiten verschiedentlich zubereiteter Hölzer zu vergleichen, wird als Maßstab die auf 1 cm^2 bezogene Druckkraft gewählt, welche, in der Faserrichtung wirkend, den Bruch herbeiführt; als Probekörper werden Prismen von 75·75 mm^2 Grundfläche und 120 mm Höhe verwendet. Aus jedem der zu prüfenden Pflasterstücke mit den Abmessungen $240 \times 80 \times 120$ mm werden drei solche gleiche Probekörper ausgeschnitten.

Infolge der außerordentlichen Veränderlichkeit, die ein Rohstoff, wie das Holz, aufweist, kann ein Vergleich nur dann von Wert sein, wenn er zwischen Probekörpern angestellt wird, die der gleichen Bohle angehören und in der Längsrichtung derselben ähnliche Lage haben, denn der aus dem Kernholz entnommene mittlere Versuchskörper jeder Bohle läßt sich nicht mit dem Splintholz der äußeren Proben vergleichen.

Wir haben es daher für nötig erachtet, die verschiedenen Versuchsbohlen voneinander zu unterscheiden; außerdem sind aus jeder Bohle die Pflasterstücke, entsprechend ihrer Lage zwischen den Bohlenenden, numeriert worden; ferner ist jeder Probekörper aus jedem Pflasterstücke mit einem Zeichen versehen worden, wodurch es möglich war, die Probekörper, welche zur gleichen Längsreihe einer Bohle gehörten, miteinander zu vergleichen.

Digitized by Google

Die verschiedenen Pflasterstücke derselben Bohle sind nach verschiedenen Verfahren behandelt worden. Die aus diesen Stücken ausgeschnittenen Probekörper wurden unter der hydraulischen Presse zerdrückt.

Das Ablesen der Bruchspannung bietet keine Schwierigkeit, da der Zeiger des Manometers der Maschine im Augenblicke des Bruches einen plötzlichen Abfall aufweist.

Um die Wirkung der bei Straßen unvermeidlichen Feuchtigkeit zu beurteilen, haben wir es für zweckmäßig gehalten, aus jedem Pflasterstücke zwei Proben in trockenem Zustande und die dritte nach einer 30tätigen Lagerung im Wasser zu prüfen.

Da die größte Länge der uns zur Verfügung stehenden Bohlen 2·30 m beträgt, so können nur 18 Pflasterstücke ausgeschnitten und demgemäß nur 18 Proben verglichen werden; und da im übrigen mehr als 18 Zubereitungsarten untersucht werden sollten, so mußte für alle Versuche eine gemeinsame Vergleichsbasis geschaffen werden. Als solche ist die Festigkeit des ungetränkten Pflasters gewählt worden; es wurden daher aus jeder Bohle wenigstens zwei Pflasterstücke in natürlichem Zustande gelassen, als Probekörper ausgeschnitten und ohne weitere Zubereitung zerdrückt.

Um die Festigkeit der Pflasterstücke zu erhöhen, hatte man vorgeschlagen, alkalische Karbonate und Silikate den Imprägnierungsölen beizumengen; auf diese Vorschläge aufmerksam gemacht, haben wir uns als erstes vorgenommen, den Einfluß einer Mischung nachstehender Stoffe auf die Güte des Holzes festzustellen:

Fichtenholzteer,
alkalische Karbonate (Soda oder Pottasche),
Natrumsilikat.

Um die Versuchsbedingungen zu erforschen, haben wir mit verschiedenen Temperaturen des Bades und in beschränktem Maße auch mit verschiedenen Mischungsverhältnissen der chemischen Stoffe gearbeitet.

Die Bäder mit reinem Fichtenholzteer sind auf 60, bezw. 80, bzw. 110° Wärme erhitzt worden; unter ähnlichen Temperaturen wurden auch Bäder mit Fichtenholzteer verwendet, denen je einer der folgenden Stoffe hinzugesetzt wurde:

Digitized by Google

Natrumkarbonat	2 g	auf	1	Liter	Teer
	4 g	„	1	„	„
Natriumsilikat	4 g	„	1	„	„

Aus den Versuchsergebnissen geht kein nennenswerter Vorteil irgendeiner der versuchten Badzusammensetzungen hervor.

Die Zunahme der Badtemperatur hat dagegen bei den trockengehaltenen Proben einen merklichen Festigkeitszuwachs (12%) zur Folge; für die im Wasser aufbewahrten Proben ist sie übrigens ohne jegliche Wirkung.

In Anbetracht aber des hohen Preises des Fichtenholzteeres würde dieses Verfahren kostspielig bleiben.

Eine beachtenswerte Besserung könnte also erreicht werden, wenn es möglich wäre, die vollständige innere Sättigung der Pflasterstücke mit Wasser zu verhindern.

Wir haben daher versucht, den Holzteer durch einen billigen Kohlenwasserstoff zu ersetzen; hiezu wurde zunächst das schwere Steinkohlenöl, welches in dem städtischen Werke in Paris zur Tränkung des Holzpflasters benützt wird, genommen.

Die Imprägnierung erfolgte unter ähnlichen Bedingungen wie beim Fichtenholzteer, die Temperaturen schwankten zwischen 112 bis 140°.

Bei den höchsten Temperaturen wurde die gleiche Festigkeit wie beim Bade mit Fichtenholzteer erreicht; unter den niedrigsten Temperaturen hingegen war die Festigkeit ebensogroß oder sogar niedriger als diejenige der ungetränkten Pflasterstücke.

Hieraus zeigte sich ganz deutlich die Möglichkeit, das schwere Steinkohlenöl statt des Holzteeres zu verwenden, aber nur unter der Bedingung, daß das Bad auf eine hinreichend hohe Temperatur, zwischen 115 und 140°, erhitzt würde. Die erforderliche Wärme dürfte 125 bis 130° betragen.

Da durch die Benützung eines gemischten Bades (Flüssigkeit Nr. 7, bestehend aus schwerem Öl mit Natriumkarbonat), eine Besserung erzielt worden war, so lag es nahe, die Ursache dieser Besserung zu erforschen.

Beruhte dieselbe auf der gegenseitigen chemischen Wirkung der beiden Salze oder war sie nur in dem Einfluß eines der beiden Salze auf das Holz zu suchen?

Um diese zwei Fragen zu klären, mußten die Versuche wiederholt werden, indem der Reihe nach dem schweren Öl zu-

Digitized by Google

nächst Natriumkarbonat (Flüssigkeit Nr. 8) und dann Natriumsilikat (Flüssigkeit Nr. 9) beigemengt wurden.

Während die mit einer Mischung von Karbonat und Silikat behandelten Pflasterstücke eine geringere oder höchstens die gleiche Festigkeit als die ungetränkten Hölzer aufweisen, so zeigt sich dagegen eine merkliche Festigkeitszunahme, wenn nur das Karbonat, und in höherem Maße, wenn nur das Silikat genommen wird. In diesem Ergebnis scheint zunächst unbedingt ein Widerspruch enthalten. Derselbe kann aber beseitigt werden, wenn man auf die Temperaturen der verschiedenen Tränkungen achtet. Die Flüssigkeit Nr. 7 ist bei verhältnismäßig niedriger Wärme (120 bis 115°) nicht günstig, bei 140° hingegen vorzüglich. Die Flüssigkeit Nr. 8 ist bei 112° mittelmäßig, bei 120° wirksamer. Schließlich erweist sich die Flüssigkeit Nr. 9, welche der letzteren für Bohlen, die bei 120° imprägniert werden, ziemlich gleichwertig ist, entschieden günstiger, wenn die Tränkung bei 140° erfolgt.

Aus den bisher betrachteten Fällen scheint also wohl hervorzugehen, daß die chemische Zusammensetzung des Tränkungsbades wenig von Belang ist, und daß der wichtigste Einfluß der Wärme dieses Bades zugesprochen werden muß.

Um diese Annahme zu prüfen, würde es genügen, die in sehr großer Anzahl durchgeführten Versuche hinsichtlich der Temperatur zu vergleichen.

Bei den trockengehaltenen Pflasterstücken sind folgende Festigkeiten beobachtet worden:

		Mittlere Festigkeit
Ungetränkte Versuchskörper		323 kg/cm²
Badtemperatur	80°	337 „
	90°	347 „
	100°	330 „
	110°	358 „
	120°	345 „
	140°	487 „

In Anbetracht dieses deutlichen Ergebnisses mußte man sich die Frage stellen, ob die Temperaturen von 130 bis 140°, die höchsten, die versucht wurden, auch die günstigsten wären und ob es nicht möglich wäre, durch weitere Temperaturerhöhung noch Besseres zu erzielen. Wir haben daher neue Versuche mit

Digitized by Google

Pflastern, die in Bädern von 150 bis 200° erwärmt wurden, angestellt.

Um die Genauigkeit unserer früheren Schlüsse bezüglich der Nutzlosigkeit mineralischer Stoffe zu prüfen, haben wir bei den letzten Bädern ausschließlich Teer und schweres Öl verwendet.

Wir haben uns auf die Temperaturen von 200° beschränkt, denn bei denselben zeigen sich bereits im Holz deutliche Zeichen des beginnenden Zerfalles. Die Ausscheidung des chemisch gebundenen Konstitutionswassers hat die Entstehung zahlreicher, mit den Fasern parallel laufender Risse, zur Folge. Diese Risse sind, allein schon mit Rücksicht auf die leichte Eindringungsmöglichkeit des Wasser ins Pflaster, sicherlich nicht unschädlich.

Die neuen Bäder haben im Vergleich zu den früheren, wie aus nachstehenden Zahlen zu ersehen ist, wesentlich bessere Ergebnisse geliefert.

Badtemperatur	Mittlere Festigkeit
150°	516 kg/cm²
200°	536 „

Hieraus kann man also schließen, daß bis zu einer Wärme von 250° — dies ist für die Tränkungsbäder die zulässige Temperaturgrenze — die Zunahme der Badtemperatur mit einem Festigkeitszuwachs des Pflasters verbunden ist.

Es ist andererseits beachtenswert, daß sich von 130 oder 140° ab dieser Zuwachs weniger rasch vollzieht.

Sollte diese Temperatur diejenige sein, bei welcher der Zerfall des Holzes, der bei 200° durch die Entstehung von Längsrissen sichtbar wird, beginnt?

Es ist schwer, irgendeine diesbezügliche Behauptung aufzustellen, denn die Art, wie die Heizung auf das Holz wirkt, ist uns unbekannt.

Bezüglich der Festigkeitserhöhung scheint es, als ob es wenig Zweck hätte, das Heizen oberhalb 130 oder 140° fortzusetzen.

Der Nachteil des Auftretens von Rissen, welche das Eindringen des Wassers erleichtern, sowie der bedeutende Kostenaufwand für eine starke Heizung lassen es ratsamer erscheinen, die Grenze der Badtemperatur auf 130 oder 140° zu setzen.

Als dieses Ergebnis gewonnen wurde, konnte man sich fragen, ob nicht die Heizungsbedingungen einen überwiegenden Einfluß

Digitized by Google

ausübten. Sollte nicht beispielsweise eine unmittelbare chemische Wirkung des Öles oder des Teeres möglich sein?

Um diese von vornherein nicht unwahrscheinliche Erklärung zu prüfen, ließen wir die Pflasterstücke in einem trockenen Heißluftbad erwärmen, während gleichzeitig andere Probekörper aus denselben Bohlen in einem Bade mit schwerem Öl gehalten wurden.

Bei allen Versuchen war die Temperatur die gleiche (200°); in den beiden Fällen zeigte sich ein Festigkeitszuwachs, der jedoch für das erste Bad geringer war als für das zweite. Immerhin genügt dieses Ergebnis, um die Veraussetzung, daß die Besserung auf die alleinige chemische Wirkung des Öles zurückzuführen wäre, zu widerlegen.

Es scheint also, daß die Zunahme der Widerstandsfähigkeit wenigstens zum größten Teile durch die Ausscheidung des Hydratwassers des Holzes und durch eine Veränderung der Holzfasern unter dem ausschließlichen Wärmeeinfluß verursacht wäre.

Demnach würde es sich um eine ähnliche Wirkung handeln, als wenn man, einem im frühesten Altertum bekannten Gebrauch zufolge, spitzförmig geschnittene Holzstücke im Feuer erhärten ließe. Heute noch wird bei Pfählen dieses Verfahren angewendet. Früher, bei den primitivsten Wilden, wurden die Lanzenspitzen und die Pfeile in dieser Weise behandelt.

Andererseits haben Versuche, die vor einigen Jahren in Amerika durchgeführt worden sind — ein diesbezüglicher Bericht befindet sich auf Seite 272 des Buches von Herrn Petsche „Das Holz“ — anscheinend die Beobachtung ermöglicht, daß nach einer Erwärmung des Holzes bei einer Temperatur von 150 bis 260° und unter einem Drucke von 10 bis 14 kg/cm² eine schwere, die Fäulnis verhütende Mischung sich bildet, die sich im Holze festsetzt und Essigsäure, Azeton und Teerstoffe enthält.

Sollte es nicht diese Mischung sein, welche die Festigkeit des Holzes vermehrt? Es wäre jetzt noch verfrüht, hierüber etwas anderes als Hypothesen aufstellen zu wollen.

Wie es auch sein mag, könnte die Erwärmung im Trockenen, wie sie von uns zu Versuchszwecken für einige Pflasterstücke benützt worden ist, praktisch nicht verwendet werden, und zwar aus folgenden Gründen: Die im Trockenen erwärmten Hölzer verlieren rascher das Hydratwasser, als wenn sie im Ölbade gehalten

Digitized by Google

wären, daher sind sie einer stärkeren Rißbildung ausgesetzt; bei 200° findet sogar an der Oberfläche eine merkliche Verkohlung statt.

Es ist also die Ölheizung, welche sich zur praktischen Besserung der Hölzer eignet, und aus den vorher erwähnten Gründen müßte man auf 130 oder 140° die Badtemperatur festsetzen.

Wie lange soll aber das Eintauchen in heißem Bade dauern? Diese Frage bliebe noch zu klären.

Ein langer Zeitraum ist unbedingt erforderlich, denn die Temperaturerhöhung muß allmählich vor sich gehen. Sonst würde die im Holz vorhandene Feuchtigkeit plötzlich entweichen und eine Rißbildung zur Folge haben. (In unseren Versuchen sind die Pflasterstücke erst in kaltes Öl eingetaucht, letzteres dann erwärmt worden; bei einer technischen Zubereitung könnte man statt dessen mehrere Bäder mit wachsender Temperatur der Reihe nach verwenden.) Die Heizungsdauer, die in unseren ersten Versuchen 10 Stunden betrug, ist allmählich auf 8, 6 und 3 Stunden verringert worden. Die letzte Dauer war es, welche uns bei den Versuchen mit 150 bis 200° Wärme die höchsten Festigkeiten lieferte.

Daher kann man behaupten, daß ein solcher Zeitraum ausreicht. Wir haben jedoch versucht, denselben zu vermindern, um die Zubereitungskosten des Pflasters weiter herabzusetzen.

Versuche mit Heizungen von 2 bis $3^1/_2$ Stunden Dauer haben gezeigt, daß bis zu einem Zeitraum von $3^1/_2$ Stunden der Festigkeitszuwachs der Heizungsdauer ziemlich proportional bleibt. Wir schließen daraus, daß es ratsam ist, nach Möglichkeit für die Erwärmung 3 oder $3^1/_2$ Stunden zu setzen.

Die genaue Bestimmung der zweckmäßigen Dauer hängt vom Vergleiche zwischen den Kosten und der tatsächlichen Besserung ab.

Hierüber kann nur die Praxis entscheiden.

Es muß aber beachtet werden, daß alle vorhin erwähnten Ergebnisse bei Probekörpern gewonnen sind, die sorgfältig trockengehalten waren, ohne daß jedoch besondere Vorkehrungen, um dieselben stärker als die umgebende Luft auszutrocknen, getroffen worden wären.

In einer allerdings wesentlich verschiedenen Lage sind die Pflasterstücke der öffentlichen Wege gestellt; diese Stücke sind immer mit Wasser mehr oder weniger durchtränkt, und zwar

Digitized by Google

sowohl infolge der Regengüsse wie auch infolge der häufigen Wasserbesprengungen, die, um das Holzpflaster gegen Fäulnis zu schützen, unentbehrlich sind.

Wir haben es daher nicht unterlassen, alle die bisher besprochenen Versuche mit Probekörpern, die 30 Tage lang in mit Wasser gefüllten Bädern aufbewahrt worden waren, zu wiederholen.

Nach einem so beträchtlichen Zeitraum kann man wohl annehmen, daß das Holz vollkommen mit Wasser gesättigt ist; jedenfalls sind die nach einer gleichen Eintauchungsdauer gewonnenen Ergebnisse alle miteinander vergleichbar.

Im Gegensatze zu den trockengehaltenen Probekörpern weisen die unter den letzten Bedingungen angestellten Versuche weit weniger günstige Ergebnisse auf. Will man also aus der Erwärmung der Pflaster den ganzen Nutzen wahrnehmen, so empfiehlt es sich, das Eindringen des Wassers ins Innere der Holzstücke zu verhindern zu suchen.

Wenn es sich darum handelt, dieses Ziel zu erreichen, so sind hiezu sowohl die Imprägnierung durch Eintauchen als auch die Erhitzung in schwerem Öl oder Teer bei einer hohen Temperatur (150 bis 200°) ganz unzulängliche Mittel; dies ist durch die Versuche erwiesen.

Es mußten daher andere Wege gesucht werden.

Die im Jahre 1910 durchgeführten Versuche hatten uns gezeigt, daß die Kreosotierung unter Druck das Öl tiefer ins Holz einzudringen zwingt und in dieser Weise ein Hindernis gegen den Zutritt des Wassers bildet.

Wir haben also dieses Mittel versucht; vor oder nach der Behandlung wurden aber die Probekörper auf eine hohe Temperatur erwärmt. Um verschiedene Versuchsbedingungen zu prüfen, erfolgte diese Erwärmung entweder in einem Öl- oder in einem Trockenluftbade.

Wir konnten beobachten, daß die Kreosotierung unter Druck nebst Erhitzung die Festigkeit trockengehaltener Versuchskörper in merklicher Weise erhöht.

Bei den im Wasser aufbewahrten Körpern hingegen hat diese Behandlung keinen anderen Erfolg, als daß die Festigkeit derjenigen des ungetränkten Pflasters ziemlich gleich bleibt.

Dies ist eine beachtenswerte Tatsache, denn bekanntlich wird die vom Holz eingesaugte Wassermenge durch die Kreosotierung

Digitized by Google

unter Druck beträchtlich verringert. Man darf also behaupten, daß der ungünstigste Einfluß den ersten nach der Trocknung aufgenommenen Wasserteilen zugesprochen werden muß, und dabei ist der Schluß berechtigt, daß die nachteilige Wirkung des eingesaugten Wassers durch die alleinige Kreosotierung unter Druck nicht verhindert werden hann.

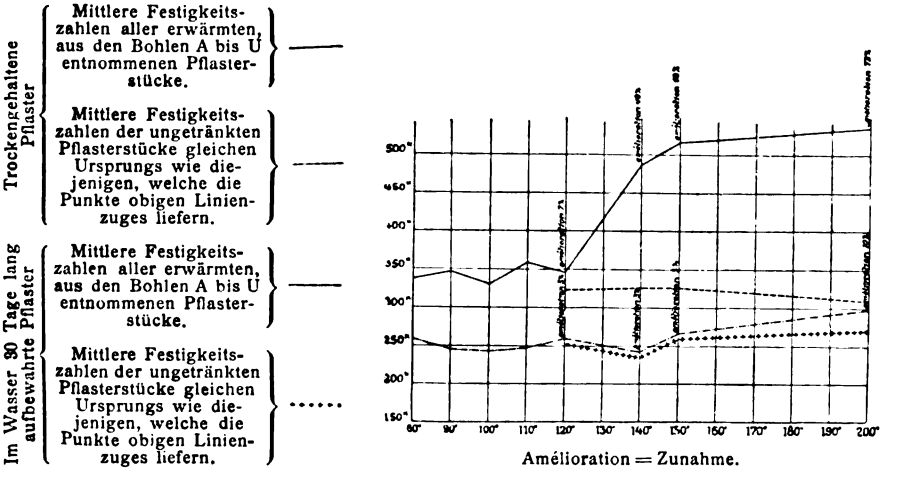
Wir haben uns um ein anderes Mittel gegen dieses Eindringen des Wassers bemüht und versuchten, die Pflasteroberfläche mit einer Schutzschichte zu ummanteln.

Eine solche Schichte läßt sich praktisch und wirtschaftlich aus Teerpech, wie es zur Beteerung beschotterter Straßen verwendet wird, herstellen.

Taucht man nämlich ungetränkte oder imprägnierte Holzpflaster, die sehr durchlässig sind, in heißes Pech ein, so bildet sich an der Oberfläche eine durchgehende glänzende Schichte, die genügt, um in weitem Maße das Eindringen des Wassers zu verhindern.

Werden in dieser Weise zubereitete Pflaster in Wasser gelegt, so wird in der Tat die Gewichtszunahme wesentlich verringert und dies ist besonders der Fall, wenn man aus Vorsicht die Holzstücke während eines beträchtlichen Zeitraumes (10 Minuten) im Pech gelassen hat.

Verbindet man den Pechanstrich mit der Kreosotierung durch Eintauchen oder besser mit der Kreosotierung unter Druck, so lassen sich durchaus ansehnliche Erfolge erzielen.



Amélioration = Zunahme.

Digitized by Google

Es ist aber in erster Linie das verlängerte Verbleiben im Pech, welches am wirksamsten den Zutritt des Wassers zu verhindern vermag.

Bei einer merklichen Verweilungsdauer werden nämlich die Löcher, die sich in der Pechschichte im Augenblicke des Eintauchens dadurch bilden, daß das in den oberflächlichen Schichten des Pflasters befindliche Wasser bei der Berührung mit dem heißen Pech entweicht, geschlossen.

Wie es auch sein mag, haben wir unsere Schlüsse über die Wirksamkeit des Peches durch Messung der Druckfestigkeiten von Probekörpern, die aus in Pech eingetauchten Pflastern ausgeschnitten waren, zu bekräftigen versucht. Infolge unaufgeklärter Umstände sind leider unsere Versuchsergebnisse in der Tat widersprechend; sie weisen bei Pflastern, die mit Pech gestrichen und dann in Wasser gehalten wurden, bald eine Vermehrung, bald eine Verminderung der Festigkeit auf. Es muß hierin entschieden ein Irrtum, dem wir nachforschen werden, vorliegen.

Inzwischen kann man aber mit Sicherheit aus der sehr geringen Wassermenge, welche die mit Pech gestrichenen Pflaster, und insbesondere diejenigen, die 10 Minuten im Pech bei 100° verblieben sind, einsaugen, den Schluß ziehen, daß eine derartige Behandlung nach der Erwärmung zweckmäßig ist.

Vielleicht wäre es möglich, um die Vorgänge zu vereinfachen, die Erhitzung im Pech selbst vorzunehmen, denn die Zusammensetzung des Heizungsbades scheint keinen wesentlichen Einfluß auszuüben. Jedoch wird man erst nach ausgedehnten Versuchen ersehen können, ob die Heizung unter diesen Bedingungen praktisch durchführbar ist. Zurzeit lassen wir die für diese Versuche erforderlichen Einrichtungen herstellen.

Die Abnützung der Schutzschichte durch den Straßenverkehr kann verhindert werden, wenn man in regelmäßigen Zeitabschnitten die oberflächliche Beteerung des Fahrweges, wie sie bei beschotterten Straßen üblich ist, vornehmen läßt.

Die Erfahrung zeigt, daß bei Verwendung von Gießapparaten mit starkem Druck der Teer einige Millimeter tief ins Holz eindringen kann.

Digitized by Google

Schlußfolgerungen.

Aus den vorstehenden Darlegungen glauben wir schließen zu dürfen, daß der Zerdrückungswiderstand von Holzpflaster durch die Erwärmung in einem Bade mit schwerem Steinkohlenöl bei einer Temperatur von 130 bis 140° merklich erhöht werden kann. Als Erwärmungsdauer sind vorläufig 3 Stunden zu nehmen; dieser Zeitraum dürfte vielleicht aber auf Grund späterer Versuche verringert werden können. Das gebrauchte schwere Öl soll derartig gewählt werden, daß es keine nennenswerte Menge von Stoffen, die bei 400° flüchtig sind, enthält.

Um die Festigkeitsabnahme der Pflaster infolge der Durchtränkung mit Wasser zu vermindern, können getrennt oder zusammen die beiden folgenden Verfahren angewendet werden:

1. Es wird eine kleine Menge von Natriumkarbonat oder Natriumsilikat dem Ölbade zugesetzt; das Mischungsverhältnis kann etwa zu 0·6% für das erste und zu 0·1% für das zweite Salz angenommen werden.

2. Nach Erwärmung und Kreosotierung unter Druck werden die Pflaster in einem Bade mit flüssigem Teerpech von 110° Wärme eingetaucht und ungefähr 10 Minuten lang in diesem Bade gehalten. Die Oberfläche der fertigen Pflasterung wird in der vorhin angedeuteten Weise beteert.

Das zu verwendende Teerpech ist halbtrockenes Gaspech mit etwa 10% kohlenhaltiger Öle.

Im übrigen erscheint das zweite Verfahren in seiner Wirksamkeit dem ersteren weit überlegen; solange die Pflasterung in gutem Zustande bleibt, dürfte die Schutzschichte nicht angegriffen werden. Jedoch ist die Beimengung alkalischer Salze insofern nicht überflüssig, als sie eine gewisse Besserung auch in dem Falle verbürgt, wo die Pflaster infolge der Abnützung gegen das Eindringen einer beträchtlichen Wassermenge nicht mehr geschützt werden.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIII 5

UNTERSUCHUNGEN DER AMERIKANISCHEN FORSTVERWALTUNG AN EINHEIMISCHEN HÖLZERN, MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG IHRER MECHANISCHEN EIGENSCHAFTEN.

Von McGarvey Cline, Direktor des Laboratoriums für Waldprodukte. (Forest Products Laboratory.) Madison, Wis.

(Übersetzt von Th. Scharff.)

Die Absichten im allgemeinen und der Zweck der Untersuchungen.

Am Laboratorium für Waldprodukte in Madison, Wis., werden von seiten der dem Ackerbauministerium der Vereinigten Staaten unterstellten Forstverwaltung Holzuntersuchungen angestellt, die den Zweck haben:

1. Zuverlässige Aufschlüsse zu erlangen über die charakteristischen mechanischen und physikalischen Eigenschaften amerikanischer Hölzer und der aus ihnen gewonnenen Erzeugnisse;

2. die Hauptgesichtspunkte zu studieren und zu entwickeln, die der Anwendung von Holz-Schutzmitteln, der Verwendung des Holzes zur Herstellung von Fasererzeugnissen (Ganzstoff, Papier etc.), sowie seiner Verwendung bei der Darstellung von Alkohol, Terpentin, Harz, Teer und anderen chemischen Produkten zu Grunde liegen;

3. Mittel und Wege ausfindig zu machen für die Verwertung jenes Holzes, das unter den jetzigen Bedingungen als wertlos abfällt;

4. als öffentliche Auskunftsstelle zu dienen über die Eigenschaften und die Verwertung von Waldprodukten;

5. in gemeinsamer Arbeit mit den Abnehmern von Waldprodukten die vorhandenen Verwertungsmethoden zu verbessern; zugleich Normen aufzustellen und Regeln festzusetzen, nach denen

Digitized by Google

sich die Handelsware, die aus ihr gewonnenen Materialien (Schleimharz, Öl, Harz etc.), sowie die Stoffe, die bei der Behandlung des Holzes gebraucht werden (Kreosot, Zinkchlorid und andere Schutzmittel), klassifizieren lassen.

Im besonderen sind folgende Richtlinien für das Studium festgelegt worden:

1. Physikalische Merkmale.

Die zu erforschenden physikalischen Eigenschaften des Holzes sind sein Raumgewicht, sein Schwinden, sein Kleingefüge und bei einigen Arten die spezifische Wärme und das Wärmeleitvermögen. Die aus derartigen Untersuchungen gewonnenen Angaben werden hauptsächlich dazu benutzt, die Ergebnisse anderer Versuche zueinander in Beziehung zu bringen.

2. Mechanische Eigenschaften des Holzes.

Der im Laboratorium gebräuchliche Ausdruck „mechanische Eigenschaften" wird auf diejenigen Eigenschaften des Holzes angewendet, die es befähigen, der Wirkung mechanischer Kräfte Widerstand zu leisten. Solche Eigenschaften sind z. B. Festigkeit, Steifigkeit und Härte.

3. Chemische Merkmale und Eigenschaften des Holzes.

Die Aufgabe besteht in der Durchführung von Versuchen zur Bestimmung der Beschaffenheit und Menge ätherischer Öle, Gerbstoffe, Schleimharze und anderer Erzeugnisse, die sich aus verschiedenen Holzarten gewinnen lassen. Sie zielt unmittelbar ab auf die praktische Verwertung bestimmter Formen von Holzabfall.

4. Künstliche Trocknung von Holz.

Dieser Teil des Arbeitsplanes umfaßt das Studium der im Handel vorkommenden Trockenöfen und ihrer Wirkungsweise, sowie das experimentelle Studium verschiedener Verfahren der Holztrocknung. Das richtige Austrocknen des Holzes ist einer der wichtigsten Punkte bei seiner Verwendung und einer der Umstände, der gegenwärtig zu oft außer acht gelassen wird.

5. Einflüsse, die auf das Holz zerstörend einwirken.

Eine Unterabteilung des forstpathologischen Institutes, das Bureau für Pflanzenkultur, ist im Laboratorium untergebracht zum Zwecke des Studiums holzzerstörender Pilze und des Grades der Einwirkung verschiedener Holzschutzmittel auf sie. Der Hauptzweck dieser Forscherarbeit ist, Mittel und Wege zur Vervollkommnung der Imprägnierungsmethoden zu finden.

Digitized by Google

6. Holzkonservierung.

Dieser Teil des Arbeitsplanes begreift alle Fragen in sich, die die Imprägnierung von Holz mit Konservierungsmitteln, Feuerschutzmitteln und anderen Stoffen betreffen.

7. Holzdestillation.

Dieses Tätigkeitsgebiet erstreckt sich auf das Studium der Verfahren zur Destillation des Holzes und der Verfahren zum Verfeinern und Abstufen der gewonnenen Rohprodukte. Man beabsichtigt hierbei, die Zweckmäßigkeit der Verwendung bestimmter derartiger Produkte für verschiedene Zwecke zu zeigen, um so ein Absatzgebiet für sie zu schaffen. Diese Tätigkeit zielt unmittelbar auf die Möglichkeit ab, die ungeheuren Abfallmengen im Mühlen- und Forstbetriebe zu verwerten.

8. Ganzstoff- und Papierfabrikation.

Soweit sich die Forscherarbeit des Laboratoriums mit Ganzstoff und Papier beschäftigt, ist sie beschränkt auf das Studium der Verwendung verschiedener Holz-Arten und -Formen zur Erzeugung von Ganzstoff- und Papierprodukten. Ihr Hauptzweck ist die Bestimmung des Wertes bisher nicht für die Erzeugung von Ganzstoff benutzter Hölzer für diesen Zweck und die Durchführung von Versuchen zur Vervollkommnung des jetzigen Fabrikationsverfahrens. Besondere Aufmerksamkeit wird hierbei der Entwicklung von Verfahren zugewendet zur Erzeugung von Ganzstoff als Handelsware aus Holz, das bisher nur Abfall war.

9. Die Erzeugung von Schiffsmaterialien.

Verfahren, die bei der Erzeugung von Terpentin und Harz angewendet werden, sind ebenfalls Gegenstand des Studiums im Laboratorium. Arbeiten dieser Art beschränken sich auf das Anreißen der Stämme, das Sammeln des Schleimharzes und die Destillation des gewonnenen Harzes. Die jetzt bei der Erzeugung von Schiffsmaterialien angewendeten Verfahren sind roh und verursachen an den lebenden Bäumen viel unnützen Schaden.

Mechanische Eigenschaften des Holzes.

Allgemeiner Arbeitsplan.

Die Versuche an den einheimischen, dem Handel entnommenen Nutzhölzern zur Ermittlung ihrer mechanischen Eigenschaften lassen sich in vier allgemeine Gruppen einteilen:

Digitized by Google

Gruppe 1: Versuche an kleinen Körpern den Normen gemäß.

Proben frei von Fehlern.

Allgemeiner Zweck dieser Versuchsreihe ist, festzustellen:

1. Zuverlässige Unterlagen zum Vergleich der mechanischen Eigenschaften verschiedener Arten;

2. Grundlagen über die Beeinflussung der mechanischen Eigenschaften des Holzes durch Umstände, wie:

Standort des Baumes,
Abstand des Holzes vom Kern des Stammes,
Höhenlage im Stamm,
Unterschied des lufttrockenen Holzes, vom grünen Zustand desselben etc.,
Wachstumsverhältnis,
Raumgewicht. (Spezifisches Gewicht.)

Die mechanischen Eigenschaften, die in Betracht gezogen werden, und die hauptsächlichen Versuche, die zu ihrer Ermittlung dienen, sind folgende:

Festigkeit und Steifigkeit:
Biegung unter ruhender Last,
Druck in der Faserrichtung,
Druck senkrecht zur Faserrichtung,
Abscherung;

Zähigkeit:
Biegung unter stoßweise wirkender Last,
Biegung unter ruhender Last,
Geleistete Arbeit bis zur Höchstlast und gesamte Arbeit;

Spaltbarkeit:
Spaltversuch,
Zug senkrecht zur Faserrichtung;

Härte:
Abgeänderter Kugeldruckversuch nach Janka für Oberflächenhärte.

Auswahl und Zahl der Stämme.

Das Material wird von Bäumen gewonnen, die im Wald durch jemanden ausgewählt werden, der die Arten zu unterscheiden versteht. An jeder Stelle werden aus der vorherrschenden Art

Digitized by Google

drei bis fünf Stämme von der im Handel üblichen Größe und von ungefähr mittlerem Alter ausgesucht, so daß sie als Vertreter dieser Holzart gelten können. Jede Gattung wird eventuell durch Stämme von fünf bis zehn verschiedenen Standorten vertreten. Die Standorte werden wieder so gewählt, daß sie dem Handelswert der Holzart entsprechen. Stämme von einem bis drei Standorten werden als Vertreter jeder Gattung benutzt, solange bis die Mehrzahl der wichtigen Arten geprüft worden ist.

Jedem der ausgewählten Stämme wird ein 5 m (16 engl. Fuß) langer Block entnommen und für jede Holzart der ganze Stamm eines Baumes von Durchschnittsbeschaffenheit, wie er in den Handel kommt.

Über jeden Stamm werden ausführliche forstkulturelle Aufzeichnungen gemacht. Die gesammelten Blöcke werden passend gezeichnet und nach dem Laboratorium verschickt, wo sie zersägt werden. Die Art des Aufschneidens ist durch Normen festgelegt und die Lage jedes Probestückes im Stamm wird notiert. Die Versuche in dieser Gruppe werden an grünem und an vollständig lufttrockenem Material durchgeführt.

Gruppe 2: Versuche mit Bauholz.

In dieser Gruppe von Versuchen werden Hölzer von der üblichen Beschaffenheit und Größe, wie sie im Brücken- und Hochbau und bei Baukonstruktionen sonst verwendet werden, geprüft. Die Probestücke enthalten Astknoten, Unregelmäßigkeiten im Faserverlauf, Maserwuchs und andere Mängel, wie sie bei Bauholz im Handel vorkommen. Das Versuchsmaterial wird so entnommen, wie es auf der Mühle aus Stämmen geschnitten ist, die botanisch bestimmt worden sind. Das Bestreben geht dahin, Proben zu erhalten, die der allgemein im Handel käuflichen Durchschnittsqualität der Holzart entsprechen. Der Zweck dieser Versuchsreihe ist:

1. Ingenieure und Architekten mit Unterlagen auszurüsten, auf die sie die Koeffizienten zurückführen können, die beim Entwerfen von Holzkonstruktionen gebraucht werden.

2. Die Versuchsergebnisse in Beziehung zu setzen zu den physikalischen Eigenschaften des Holzes und zu der Art und dem Vorkommen von Mängeln, um eine zuverlässigere Grundlage für die Einteilung der Nutzhölzer in Klassen aufzustellen, je nach ihren mechanischen Eigenschaften.

Digitized by Google

3. Die Beziehung aufzustellen zwischen den Resultaten, die man bei Versuchen mit großen, mit Mängeln behafteten Hölzern erhält, und den Resultaten, die an kleinen, fehlerfreien Probestücken gewonnen werden, so daß Faktoren zur Korrektur der mit letzteren erhaltenen Versuchsresultate zu Gebote stehen und diese größere praktische Bedeutung für Ingenieure und Architekten erlangen.

Gruppe 3: Versuche zur Bestimmung des Einflusses verschiedener im Verkehr angewendeter Konservierungsmittel auf die mechanischen Eigenschaften des Holzes.

Diese Versuchsreihe dient dem Zweck der Erforschung des Einflusses der Holzkonservierungsmittel, der Verfahren der künstlichen Trocknung, der feuersicheren Imprägnierung etc. auf die Eigenschaften des Holzes. Probestücke in den Abmessungen von Bauholz sowohl als kleine fehlerfreie Probekörper werden zu den verschiedenen Studien dieser Gruppe benutzt, wobei die Natur der Aufgabe im Einzelfalle für die Form und die Art des Probestückes maßgebend ist

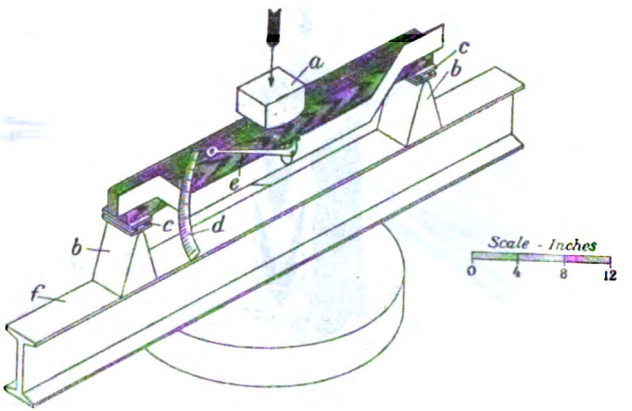
Gruppe 4: Versuche von Erzeugnissen, die aus Holz gefertigt sind.

Hier handelt es sich um Versuche mit Achsen, Speichen, Schwunghebeln, Deichseln etc. Derartige Versuche machen indes den kleineren Teil des allgemeinen Arbeitsplanes der Verwaltung aus und werden hauptsächlich in der Absicht angestellt, zu zeigen, daß ein Ersatzstoff oder ein Material von minderer Qualität für bestimmte Sonderzwecke brauchbar ist.

Digitized by Google

Prüfungsverfahren.

Gruppe I.



Skale Inches = Maßstab in Zoll.

Biegung, Fig. I.

Probestück:

Astfrei, gerader Verlauf der Fasern, 5·1 × 76 cm (2″ × 2″ × 30″).

Versuchsanordnung:

1. I-Träger f, mit zwei schneidenartigen Stützen b b in 71 cm (28″) Entfernung voneinander, auf die Druckplatte einer Universalprüfmaschine gestellt;
2. das Probestück ruht auf den schneidenartigen Stützen b b mittels Rollenlagern c c, die zwischen den Stützen und dem Probestück eingeschaltet sind;
3. die Belastung erfolgt stetig in der Mitte der Stützweite durch das Druckstück a; Geschwindigkeit der Presse 2·67 mm (0·105″) pro Minute.

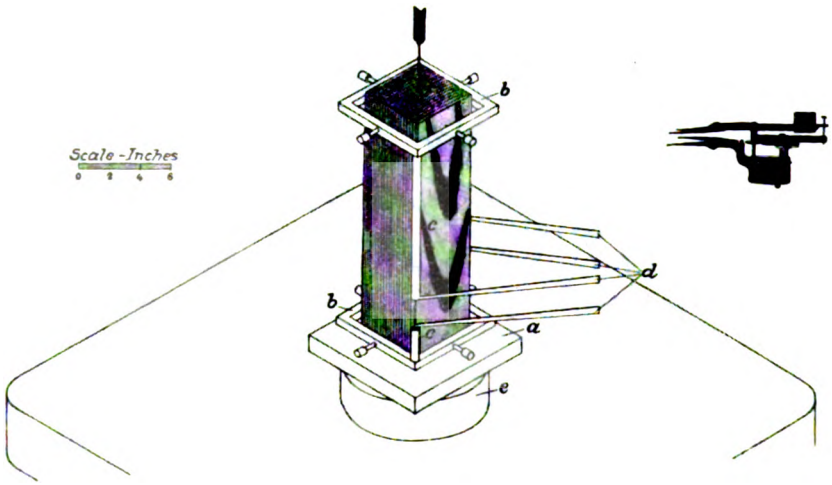
Formänderung:

Durchbiegungen in der Mitte gemessen mit Hilfe eines besonderen Biegungsmessers, d e; der Biegungsmesser ruht auf kleinen Stiften, die lotrecht über den schneidenartigen Stützen in der Mitte zwischen der Ober- und Unterfläche des Probestückes eingeschlagen sind. Der Zeiger e ist mittels eines dünnen Stahlbandes an einem kleinen Stift in Höhe der neutralen Achse in der Mitte zwischen den Stützen befestigt. Sobald der Stab sich durchbiegt, senkt sich der Zeiger infolge seiner Schwere und zeigt auf der Skala d den Betrag der Einsenkung mit der Genauigkeit von einem Vierzigstel Millimeter an. Die Durchbiegungen werden an den Laststufen von je 22·6 kg (50 engl. Pfd.) beobachtet.

Berechnete Resultate:

Elastizitätsmodul, Faserspannung an der Elastizitätsgrenze, Bruchfestigkeit, elastische Federung, Biegungsarbeit bis zur Höchstlast und gesamtes Arbeitsvermögen.

Digitized by Google



Druck in der Faserrichtung, Fig. II.

Probestück:

Astfrei, gerader Verlauf der Fasern; 5·1 × 20·3 cm (2″ × 2″ × 8″), die Endflächen genau winkelrecht bearbeitet.

Versuchsanordnung:

1. Rahmen b b werden in 15·2 cm (6″) Abstand am Probestück angebracht und durch dünne, zugespitzte Schrauben in ihrer Lage festgehalten;
2. die Probe ruht auf einem sogenannten Kugelgelenk a e; die Belastung erfolgt stetig; Geschwindigkeit der Presse 0·61 mm (0·024″) pro Minute, es wird Vorsorge getroffen, daß sich die Kraft gleichmäßig über die Endfläche der Probe verteilt.

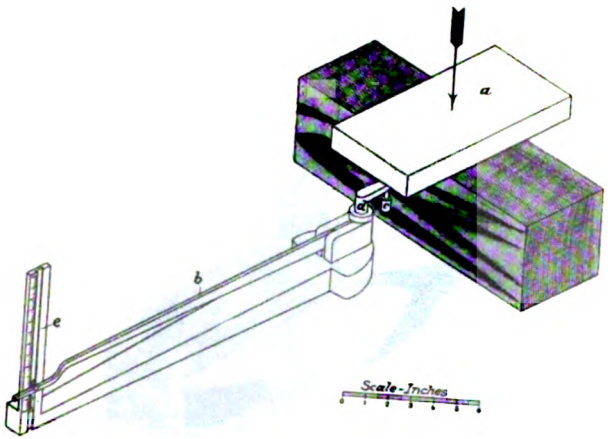
Formänderung:

Die Formänderung zwischen den Bügeln, gemessen mit Hilfe des Olsenschen Kompressometers. Die Arme des Kompressometers werden mit den Bügeln b b durch die Distanzhalter c c in Berührung gebracht.

Berechnete Resultate:

Faserspannung an der Elastizitätsgrenze, Elastizitätsmodul und größte Bruchlast.

Digitized by Google



Druck senkrecht zur Faserrichtung, Fig. III.

Probestück:

Astrein, gerader Verlauf der Fasern, 5·1 × 5·1 × 15·2 cm (2″ × 2″ × 6″).

Versuchsanordnung:

Die Probe wird auf die Druckplatte der Universalprüfmaschine und oben auf die Probe eine 5·1 cm (2″) breite Stahlplatte a gelegt. Kraft auf die Probe übertragen durch die Platte a; Geschwindigkeit der Presse 0·61 mm (0·024″) pro Minute.

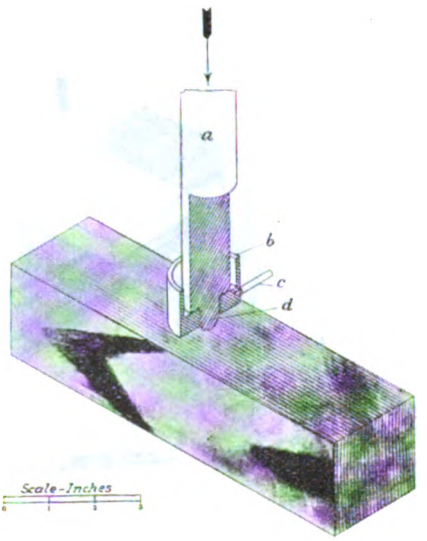
Formänderung:

Formänderungen mittels Biegungsmessers d b e gemessen, dessen kurzer Hebel mit der Stahlplatte a in Berührung tritt.

Berechnete Resultate:

Druckbeanspruchung an der Elastizitätsgrenze, wobei die Kraft mit Hilfe eines Kraft-Formänderungsdiagrammes festgestellt wird.

Digitized by Google



Härteproben, Fig. IV.

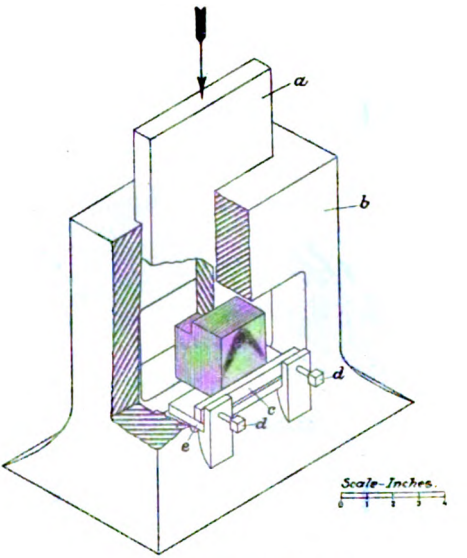
Probestück:

Astrein, gerader Verlauf der Fasern, 5·1 × 5·1 × 15·2 cm (2″ × 2″ × 6″).

Versuchsanordnung:

Stahlstab a ist fest im Querhaupt der Prüfmaschine eingespannt. Sein unteres Ende a ist eine Halbkugel von 1·12 cm (0·444″) Durchmesser. Während des Versuches wird die Unterlagsscheibe b von dem den Versuch Ausführenden mit Hilfe des Handgriffes c hin- und herbewegt. Wenn das Stabende a um das Maß gleich dem Radius der Halbkugel in das Holz eingedrungen ist, ist die Unterlagsscheibe b nicht mehr zu bewegen. Die Kraft in dem Augenblick, wo die Unterlagscheibe festsitzt, wird als Härtemaßstab benutzt. Die Prüfung der Härte wird sowohl radial und tangential zu den Jahresringen als auch an den Hirnflächen des Probestückes vorgenommen.

Digitized by Google



Scherversuch, Fig. V.

Probestück:

Astrein, gerader Verlauf der Fasern, so zurechtgesägt, daß eine vorspringende Kante entsteht.

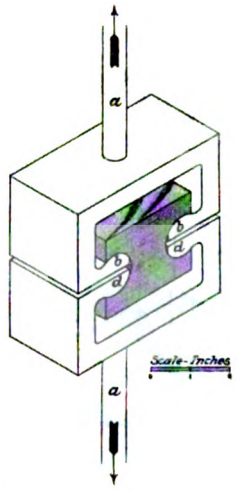
Versuchsanordnung:

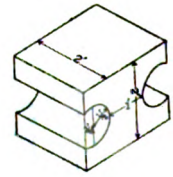
1. Die Probe so in die Schere eingelegt, daß eine bewegliche Platte auf der vorspringenden Kante ruht.
2. Die Probe ruht auf der Platte e und wird mit Hilfe der Platte c und der Schrauben d d in senkrechter Stellung gehalten.
3. Die Schere steht auf der Grundplatte der Universalprüfmaschine; die Kraft wird in die Probe durch die Platte a eingetragen; die Kraft wird stufenweise gesteigert; Geschwindigkeit der Presse 0·38 mm (0·015″) pro Minute, solange bis der vorspringende Teil der Probe abgeschert ist.

Berechnete Resultate:

Maximale Scherfestigkeit.

Digitized by Google





Zug senkrecht zur Faserrichtung, Fig. VI.

Probestück:

(Siehe Figur.)

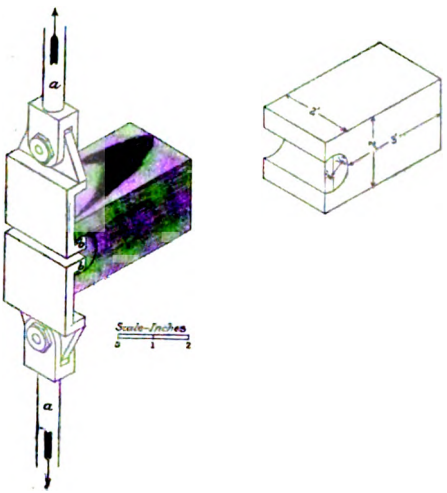
Versuchsanordnung:

1. Die Klauen b b und d d sind am festen und am beweglichen Querhaupt der Universalprüfmaschine mit Hilfe von Zugstangen a a befestigt, die mit den Klauen durch Kugelgelenke verbunden sind.
2. Die Probe wird in die Klauen b b und d d eingeführt, so daß die Tragflächen der Klauen oder der Probe auf deren ganzer Länge gleichmäßig anliegen.
3. Die Kraft wird allmählich gesteigert; Geschwindigkeit der Prüfmaschine 6·35 mm (0·25″) pro Minute.

Berechnete Resultate:

Höchste Zugfestigkeit in kg/cm².

Digitized by Google



Spaltversuch, Fig. VII.

Probestück:

(Siehe Figur.)

Versuchsanordnung:

1. Die Klauen b b sind durch Zugstangen a a am festen und beweglichen Querhaupt der Prüfmaschine befestigt.
2. Die Probe wird so angebracht, daß sie an dem einen Ende fest an den Klauen anliegt, und zwar in der Weise, daß der Abstand zwischen dem Berührungspunkt und der Kante der größten Inanspruchnahme überall der gleiche ist (1·27 cm = $^1/_2$").
3. Die Kraft wird allmählich gesteigert; Geschwindigkeit der Prüfmaschine 6·35 mm (0·25") pro Minute.

Berechnete Resultate:

Größte Kraft geteilt durch die Breite der Probe in Zentimetern.

Digitized by Google

Gruppe II.

Die bei der Untersuchung von Bauholz gebräuchlichen Prüfungsmethoden sind ausführlich im Bulletin: "Tests of Structural Timbers" beschrieben.

Gruppe III.

Die in dieser Gruppe angewendeten Prüfungsmethoden sind die gleichen wie in Gruppe I und II.

Gruppe IV.

Die Versuche in dieser Gruppe sind von besonderer Art und in den Veröffentlichungen beschrieben, die im Abschnitt „Ergebnisse" angeführt sind. Siehe Seite 18.

Ergebnisse.

Gruppe I.

Die nachfolgenden Tabellen und Schaulinien erläutern die Art und Weise, in der die Ergebnisse zergliedert und dargestellt werden sollen:

Tabelle I.

Diese Tabelle zeigt:

1. Das Gebiet im großen und ganzen, aus dem jede Sendung bezogen wurde.

2. Die forstkulturellen Merkmale jedes Stammes, aus dem das Material für Proben entnommen wurde.

Tabelle II.

Diese Tabelle zeigt die Durchschnittseigenschaften des Materiales, das aus jedem der in Tabelle I aufgeführten Stämme entnommen wurde. Die untersten Flächen der Blöcke, aus denen die Probestücke stammen, liegen ungefähr $4^1/_4$ m (14 engl. Fuß) über dem Erdboden. Ein Vergleich der Ergebnisse in dieser Tabelle mit den Angaben in Tabelle I dürfte die Beziehung zwischen den forstkulturellen Merkmalen und den mechanischen Eigenschaften des Holzes erkennen lassen.

Tabelle III.

Diese Tabelle zeigt die Durchschnittseigenschaften aller Stämme jeder Gattung von jedem einzelnen Standort. Die in dieser Tabelle enthaltenen Werte sind in erster Linie für den Gebrauch seitens der Holz verarbeitenden Industrie bestimmt, indem sie den relativen

Digitized by Google

Abstand von Mitte Stamm — Zoll (1" = 25·4 mm).

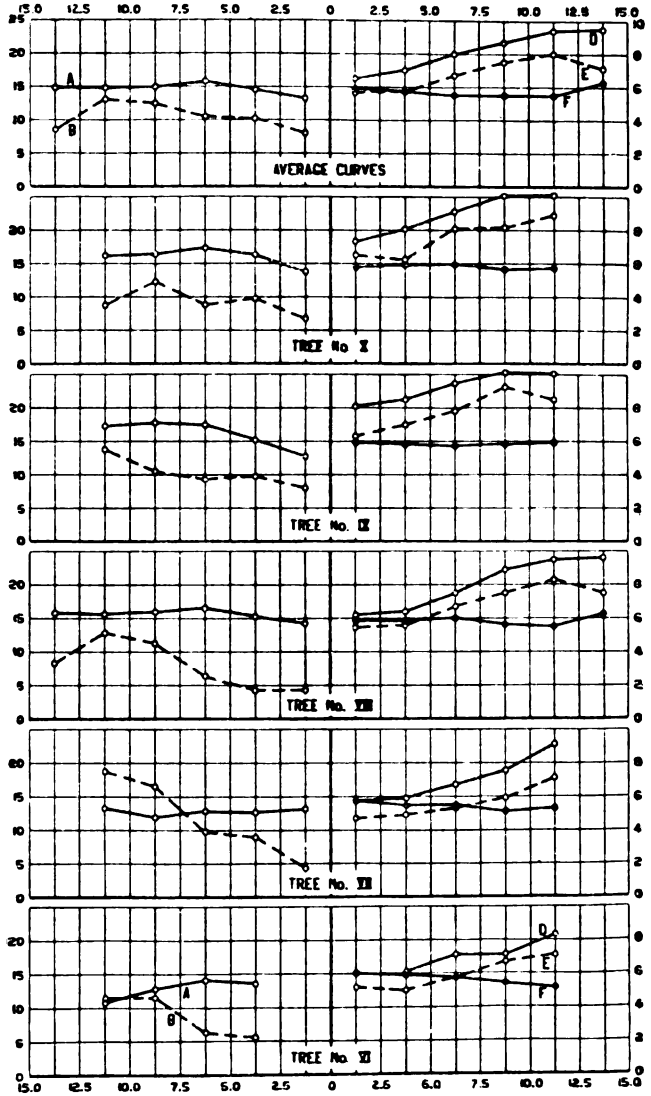


Fig. VIII.

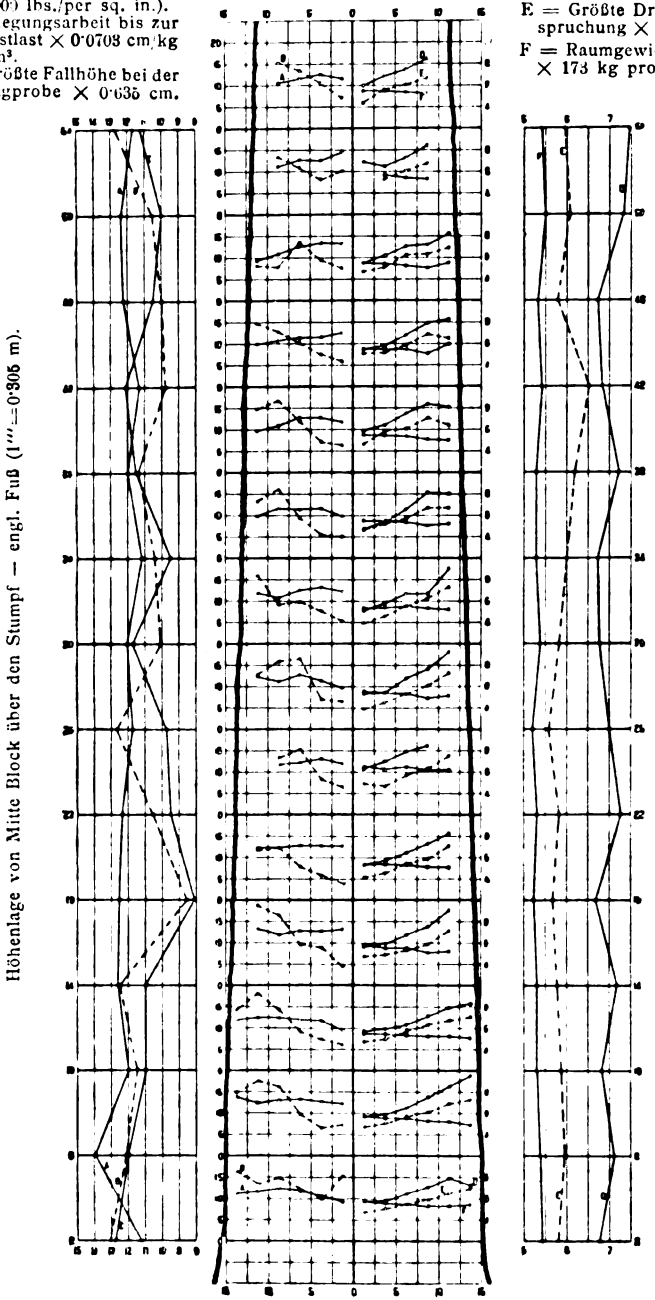
Abstand von Mitte Stamm — Zoll (1" = 25·4 mm).
Average curves = Durchschnittswerte. Tree No. VIII = Stamm Nr. VIII.
Tree No. X = Stamm Nr. X. „ „ VII = „ „ VII.
„ „ IX = „ „ IX. „ „ VI = „ „ VI.
A = Elastizitätsmodul × 7030·83 kg/cm² (100.000 lbs./per sq. in).
B = Biegungsarbeit bis zur Höchstlast × 0·0703 cm/kg pro m³.
D = Biegungsfestigkeit × 70·3 kg/cm² (1000 lbs./per sq. in.).
E = Größte Druckbeanspruchung × 35·15 kg/cm² (500 lbs./per sq. in.).
F = Raumgewicht (trocken) × 173 kg pro m³.

Digitized by Google

Abstand von Mitte Stamm — engl. Zoll (1″ = 25·4 mm).

A = Elastizitätsmodul × 7030·83 kg/cm² (100.000 lbs./per sq. in.).
B = Biegungsarbeit bis zur Höchstlast × 0·0703 cm/kg pro m³.
C = Größte Fallhöhe bei der Schlagprobe × 0·635 cm.

D = Biegungsfestigkeit × 70·3 kg cm².
E = Größte Druckbeanspruchung × 35·15 kg/cm².
F = Raumgewicht (trocken) × 173 kg pro m³.



Höhenlage von Mitte Block über den Stumpf — engl. Fuß (1′ = 0·305 m).

Höhenlage von Mitte Block über den Stumpf — engl. Fuß (1′ = 0·305 m).

Abstand von Mitte Stamm — engl. Zoll (1″ = 25·4 mm).

Fig. IX.

Digitized by Google

Wert verschiedener an verschiedenen Standorten gewachsener Arten für bestimmte Sonderzwecke angeben.

Die Kurven in dieser Figur zeigen, wie das Raumgewicht und die mechanischen Eigenschaften des aus jedem der Blöcke entnommenen Materiales mit dem Abstand der Probe vom Kern des Stammes wechseln. In dieser Figur handelt es sich ausschließlich um die Sendung Roteiche Nr. 75, in ihr ist aber die Art und Weise der Zergliederung vor Augen geführt, die bei jedem der geprüften Blöcke eingehalten wird.

Diese Figur zeigt:

1. Wie das Raumgewicht und die mechanischen Eigenschaften der Proben mit dem Abstande von der Mitte des Stammes wechseln. Dies ist dargestellt für jeden 1·20 m (4‘‘) langen Block des ganzen Stammes, soweit dieser Handelsgegenstand ist.

2. Die Schaulinien rechts und links von der mittleren Tafel in der Figur stellen die Unterschiede im Raumgewicht und in den mechanischen Eigenschaften der Blöcke dar je nach dem Abstande vom Erdboden. Ähnliche Schaulinien werden für einen der Stämme jeder untersuchten Holzart angefertigt werden.

Besprechung verschiedener Versuchsfälle.

Die für irgendeine besondere Holzart erhaltenen Versuchsergebnisse werden ebenfalls erörtert, um die Beziehung der mechanischen Eigenschaften zu den physikalischen Eigenschaften des Holzes festzustellen, z. B. die Zahl der Jahresringe auf 1 Zoll = = 25·4 mm, das Raumgewicht, Betrag an Sommerholz etc.

Gruppe II.

Die Prüfungsergebnisse an Bauhölzern sind in folgenden Veröffentlichungen der Forstverwaltung erörtert:

Circular 32, “Progress Report on the Strength of Structural Timbers“

Circular 164, “Properties and Uses of Southern Pines“

Circular 189, “Strength Values for Structural Timbers“

Circular: “Fire-Killed Douglas Fir“

Bulletin 88, “Properties and Uses of Douglas Fir“

*Bulletin: “Tests of Structural Timbers“.

*) Diese Veröffentlichung enthält die Auseinandersetzung aller Versuche, die von der Forstverwaltung mit Bauholz angestellt worden sind und macht praktisch alle früheren Veröffentlichungen überflüssig.

Digitized by Google

Gruppe III.

Die Prüfungsergebnisse in dieser Gruppe sind in folgenden Veröffentlichungen der Forstverwaltung erörtert:

Circular 39, "Experiments on the Strength of Treated Timber"

Bulletin 70, "Effect of Moisture on the Strength and Stiffness of Wood".

Gruppe IV.

Die Prüfungsergebnisse in dieser Gruppe sind in folgenden Veröffentlichungen der Forstverwaltung erörtert:

Circular 46, "Holding Force of Railroad Spikes"

Circular 47, "Strength of Packing Boxes of Various Woods"

Circular: "Strength of Cross-Arms".

Digitized by Google

THE
JOHN CRERAR
LIBRARY

Digitized by Google

THE
JOHN CRERAR
LIBRARY

Digitized by Google

Digitized by Google

THE
JOHN CRERAR
LIBRARY

Digitized by Google

	Druck in der Faserrichtung		Druck senkrecht zur Faserrichtung	Abscheren kg/cm²		Zug senkrecht zur Faserrichtung kg/cm²		Spalten kg auf 1 cm Breite		Härte Last in kg		
	Größte Druckbeanspruchung kg/cm²	Elastizitätsmodul 1000 kg/cm²	Faserspannung an der Elastizitätsgrenze kg/cm²	radial	tangential	radial	tangential	radial	tangential	Hirnfläche	radial	tangential
1	245,1	83,02	70,58	80,00	96,17	43,87	69,32	66,41	84,9	536,6	527,5	520,3
3	252,7	66,50	58,28	77,00	90,83	43,73	52,65	68,4	81,7	504,9	467,2	427,7
4	248,4	91,95	51,11	83,44	100,2	44.43	70,09	61,2	90,6	492,4	475,8	474,9
9	243,2	135,3	47,94	73,60	74,45	48,01	55,33	65,3	73,4	419,1	401,0	408,7
2	242,1	93,85	59,33	85,41	86,19	46,33	61,86	65,6	79,8	516,7	473,6	471,3
0	225,4	91,04	56,73	79,58	84,01	44,92	61,44	68,0	84,2	502,1	462,7	454,5
6	283,7	105,2	56,31	87,10	81,97	43.30	42,95	64,0	61,1	381,9	330,7	332,9
6	296,3	107,6	62,50	95,61	92,23	45,34	47,17	59,7	61,9	508,5	453,6	461,3
6	234,2	74,66	80,70	84,08	98,58	50,19	64,96	63,4	87,2	516,7	484,4	490,3
0	259,8	103,0	64,11	81,69	84,08	51,18	65,31	67,8	84,2	495,8	491,3	467,7
1	258,0	102,8	45,91	83,87	102,3	42,88	60,74	67,3	92,0	450,0	416,4	408,7
9	244,9	99,26	42,53	81,13	96,66	44,50	68,12	60,7	94,4	459,0	406,9	416,4
2	195,9	75,43	30,44	63,27	77,47	37,96	54,90	47,5	76,1	301,2	254,0	271,7

Digitized by Google

THE
JOHN CRERAR
LIBRARY

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIII 6

FESTIGKEIT, ELASTIZITÄT UND ANDERE EIGENSCHAFTEN DER HARTHÖLZER AUS NEUSÜDWALES.

Von Prof. **W. H. Warren,** Sydney.

Übersetzt von Th. Scharff.

Dieser Bericht gibt eine Beschreibung der Verfahren und der Versuche in der Erforschung der Eigenschaften der Harthölzer von Neusüdwales. Hierzu gehören folgende Versuche:

1. Druckversuche an Würfeln, die aus Abschnitten des Stammes in verschiedenen Höhen über dem Erdboden herausgesägt sind, um festzustellen, wieweit ein Festigkeitsunterschied von der Höhenlage über dem Boden abhängt.

2. Die Festigkeit und Elastizität großer und kleiner Holzbalken.

3. Die Festigkeit und Elastizität langer und kurzer Holzstützen bei Druckbeanspruchung.

4. Die Scherfestigkeit von Holz.

5. Die Zugfestigkeit von Holz.

6. Die Haltekraft von Stiften und Nägeln.

7. Die Druckfestigkeit senkrecht zur Faserrichtung.

8. Härteproben.

9. Drehungsversuche.

10. Widerstand gegen Abnutzung bei Verwendung als Fußböden und Straßenpflaster.

11. Schlagbiegeproben an Balken.

Das Versuchsprogramm nimmt, soweit wie möglich, auf die besonderen Verhältnisse Rücksicht, die in Neusüdwales vorliegen.

Digitized by Google

Auswahl der Stämme und der Probestücke.

Die Stämme wurden durch die Sachverständigen der Staatsforstverwaltung für die Prüfung ausgewählt, sowohl aus dem nördlichen als auch aus dem südlichen Küstengebiet. Sie stellen Durchschnittsproben dar von normalem Wuchs an den Standorten, von denen sie genommen waren. Die Einzelheiten über die verschiedenen geprüften Stämme, sowie das beim Heraussägen der Probestücke aus verschiedenen Höhen im Stamm beobachtete Verfahren sind deutlich auf Tafel I angegeben. Aus den Schaulinien und den Figuren 1, 2 und 3 auf Tafel I ist ersichtlich, daß die der Prüfung unterworfenen Stücke in jedem Falle aus einem bestimmten Teil des Stammes herausgesägt und daß die Einzelheiten nach folgendem Muster zusammengestellt sind:

1. Der gewöhnliche und der botanische Name.

2. Die Zeitangaben über das Fällen des Stammes und über das Zersägen in Probestücke in der auf Tafel I angedeuteten Weise.

3. Höhe und Durchmesser des Stammes, verglichen mit der durchschnittlichen Höhe und Stärke ähnlicher Stämme an dem gleichen Standort.

4. Oberflächenbeschaffenheit und Bodenart.

Die vom Wurzelende aus gemessene Höhe, in der Proben entnommen wurden, ist in Übereinstimmung mit dem Zweck der Untersuchung gewählt worden. Der für die Erlangung brauchbarer Balken noch in Frage kommende höchste Abschnitt eines Baumstammes ist mit A bezeichnet worden. Seine Stärke beträgt 30·5 cm (1'), Fig. 1 auf Tafel I. Aus diesem Abschnitt wurden Würfel von zirka 10 cm (4") Kantenlänge und zirka 20 cm (8") lange Prismen von quadratischem Querschnitt mit 10 cm Seitenlänge herausgesägt und für die Druckprobe zugerichtet, um die größte Druckbeanspruchung zu ermitteln. Ähnliche Stücke wurden in ähnlicher Weise den vier je 30 cm dicken mit C, E, G und J bezeichneten Abschnitten zum Prüfen entnommen, und zwar in Höhenlagen über dem Wurzelende von 11·9, beziehungsweise 8·8, 4·5 und 1·5 m (39' bezw. 29', 15' und 5'). Zur Wahrung der Gleichförmigkeit der Prüfungsbedingungen für jeden Abschnitt wurde die eine Hälfte der Probestücke, die mit a bezeichnet wurde, Fig. 1, mit zwei Flächen versehen, die so weit wie möglich tangential zu den Jahresringen liegen, der mit b, Fig. 1,

Digitized by Google

bezeichnete Rest wurde so hergerichtet, daß die Diagonale der quadratischen Druckfläche radial gerichtet war. Die durch die Proben a, Fig. 1, erhaltenen Ergebnisse zeigen den Einfluß des Alters auf die Festigkeit des Holzes, während die durch die Proben b, Fig. 1, gewonnenen die Durchschnittsfestigkeit des Holzes darstellen. Den Einfluß der Höhenlage über dem Erdboden auf die Eigenschaften des Holzes zeigt ein Vergleich der aus den fünf Abschnitten A, C, E, G und J, siehe Schaulinien auf Tafel I, gewonnenen Resultate.

Die Proben zur Ermittlung der Festigkeit von Holzbalken sind aus den mit F bezeichneten Teilen der Stämme herausgesägt, in der Höhenlage zwischen 4·9 m und 8·8 m (16′ und 29′) vom Wurzelende aus gemessen. Diese Proben sind zur Hälfte mit zwei möglichst tangential zu den Jahresringen liegenden Flächen ausgesägt und zugerichtet und die andere Hälfte der Proben mit einer radial gerichteten Diagonalen ihres quadratischen Querschnittes, wie in Fig. 3 auf Tafel I angegeben. Die in dieser Weise ausgesägten Balken haben 3·65 m (12′) Länge bei 25 × 25 cm (1″×1″) Querschnitt. Sie sind bei einer Spannweite von 3·05 m von Mitte zu Mitte unter zwei Einzellasten geprüft worden, deren Angriffspunkte die Balkenlänge in drei Teile teilten.

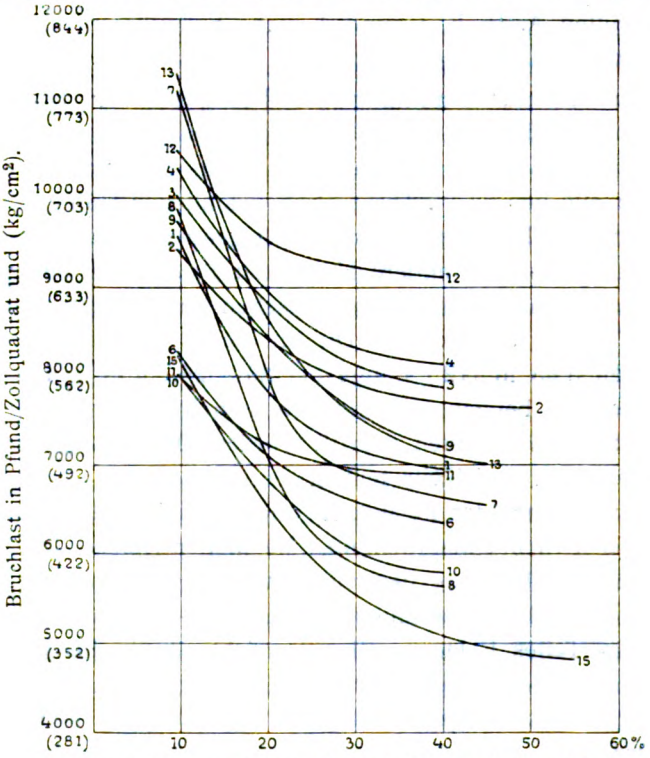
Zur Ermittlung der Festigkeit und Steifigkeit langer Holzstützen unter Druckbeanspruchung, die in der Achse des Stabes wirkt, wurden Proben aus den mit D und H bezeichneten Teilen entnommen — siehe Schaulinien auf Tafel I — die oberhalb und unterhalb des Teiles F lagen. Ihre Herrichtung für die Versuchsausführung erfolgte in der nachstehend angegebenen Weise: Die in Berührung mit den Druckplatten der Prüfmaschine kommenden Enden wurden in parallelen Ebenen rechtwinklig zur Achse der Stütze genau bearbeitet. Die eine Hälfte der Proben war mit quadratischem Querschnitt ausgesägt, die andere Hälfte auf einer Drehbank mit rundem Querschnitt versehen worden. Die Abmessungen sind ungefähr 2·45 m (8′) Länge bei zirka 10 cm (4″) Seite, bzw. Durchmesser. Nach jeder Prüfung wurden in möglichster Nähe der am meisten beanspruchten Teile Abschnitte herausgesägt, um den Prozentgehalt an Feuchtigkeit, den das Holz zur Zeit der Prüfung enthielt, festzustellen und um hieraus den Einfluß der Feuchtigkeit auf die Festigkeit und Elastizität zu ermitteln. Die gesunden Teile der Hölzer, die nach der Prüfung übrig blieben,

Digitized by Google

sind zu anderen Versuchen benutzt worden. Die starken Balken wurden in kleinere Balken von ähnlicher geometrischer Form zersägt und in Zwischenräumen geprüft, um den Verlauf des Austrocknens mit Hilfe des Feuchtigkeitsgehaltes zu ermitteln und die

Tafel II.

Durchschnittliche Druckfestigkeit bei verschiedenen Feuchtigkeitsgraden.



1. Blackbutt.
2. Tallow-wood.
3. Grey Gum.
4. Grey Ironbark.
6. Blue Gum.
7. Brush Box.
8. Turpentine.
9. Red Mahogany.
10. White Mahogany.
11. Colonial Teak.
12. Grey Box.
13. Woollybutt.
15. Turpentine.

Wirkung des letzteren auf die Festigkeit. Auch die Stützen lieferten nach der Prüfung noch gesundes Holz, das zu Zug-, Drehungs- und Scherfestigkeitsproben verarbeitet wurde.

Digitized by Google

Prüfung von Würfeln aus Abschnitten, die dem Stamm in verschiedenen Höhen über dem Erdboden entnommen waren.

Zweck dieser Versuche war die Feststellung, ob das Holz aus einem Abschnitt nahe dem Stammende größere Festigkeit besitzt als nahe dem Zopfende oder in irgendeiner mittleren Höhenlage. Alle Autoritäten auf dem Gebiete der Holzprüfung stimmen darin überein, daß die beste und bequemste Güteprobe für Holz in der Erprobung von Würfeln oder kurzen Prismen durch Druck besteht.

Für jeden Stamm wurden 6 Würfel von 10 cm Kantenlänge aus jedem der fünf Abschnitte, die in den Schaulinien auf Tafel I mit A, C, E, G, J bezeichnet sind, herausgesägt, das sind 30 Würfel von jedem Stamm. Die zu prüfenden Stücke waren leidlich gesund, in einigen Proben kamen jedoch große und kleine Sprünge, die sich beim Trocknungsprozeß entwickelt hatten, Harzgallen und Astknoten vor. Solche Mängel beeinflußten aber, wenn sie nicht stark hervortraten, augenscheinlich die Druckfestigkeit nicht im geringsten, abgesehen von großen Durchfallästen, die eine beträchtliche Verminderung der Festigkeit verursachten.

Alle Proben wurden an den Flächen, die mit den Druckplatten der Maschine in Berührung kommen, genau planparallel zugerichtet, sie wurden mit einer Genauigkeit von zirka 1 mm gemessen und in einer Presse, deren untere Druckplatte auf einem Kugelgelenk ruht, geprüft. Die einzelnen geprüften Holzarten sollen jetzt besprochen werden:

1. Blackbutt, vom nördlichen Küstengebiet. Die Ergebnisse waren ziemlich unregelmäßig infolge von Harzgallen. Die Bruchflächen sind stark ausgeprägt, die Festigkeit nimmt aber, wie in Tafel I und Tafel II gezeigt ist, sehr schnell mit der Zunahme des Feuchtigkeitsgehaltes ab. Bei 10% Feuchtigkeit ist die Festigkeit 665 kg/qcm (950 Pfd./Quadr.-Zoll), bei 25% Feuchtigkeit beträgt sie nur 520 kg/qcm (7400 Pfd.-Quadr.-Zoll).

2. Tallow-wood (d. h. Talgholz), vom nördlichen Küstengebiete. Die Schaulinien auf Tafel II zeigen, daß dieses Holz mit dem Zunehmen der Feuchtigkeit an Festigkeit viel allmählicher verliert als Blackbutt. Die Festigkeit bei 10% und 40% Feuchtigkeit beträgt 660 kg/qcm (9400 Pfd./Quad.-Zoll), beziehentlich 540 kg/qcm (7700 Pfd./Quadr.-Zoll). Die Probestücke waren fast frei von Fehlern, nur einige rissen während des Trocknens auf

Digitized by Google

und diese Sprünge fielen beim Versuch mit den Bruchflächen zusammen, obgleich sie zur natürlichen Lage der Bruchfläche schräg gerichtet waren.

3. Grey Gum, vom nördlichen Küstengebiet. Aus den Schaulinien auf Tafel II ist ersichtlich, daß dies Holz fester ist als Blackbutt oder Tallow-wood. Die Probestücke waren jedoch in vielen Fällen fehlerhaft, wiesen Astknoten und Harzgallen auf. Die Bruchflächen fielen fast ohne Ausnahme zu einer einzigen zusammen.

4. Grey Ironbark, vom nördlichen Küstengebiet. Obwohl die Prüfungen auf Druck in Würfeln sogar bemerkenswerte Ergebnisse große Festigkeit und Zähigkeit gezeitigt haben, so sichern sie dieser Holzart doch nicht den hohen Rang, den ihr die Erfahrung und der Versuch angewiesen haben, soweit es sich um Balken- und Stützenquerschnitte handelt. Die Feuchtigkeit-Festigkeitskurve auf Tafel II zeigt, daß es dem Grey-Boxholz nachsteht. Der Querschnitt wies wellige Jahresringe auf und die Bruchflächen fielen in eine einzige oder zwei zusammen, die parallel oder schräg zueinander verliefen.

5. Probestücke von Red Ironbark sind nicht eingegangen.

6. Blue Gum, vom nördlichen Küstengebiet. Diese Holzart zeigte ebenmäßigen Faserverlauf, frei von Fehlern. Die Bruchflächen waren stark ausgeprägt mit reichlicher Verzweigung.

7. Brush Box, vom nördlichen Küstengebiet. Das Holz zeigte dichte gleichmäßige Struktur, die Ergebnisse waren jedoch ziemlich ungleich.

8. Turpentine, vom nördlichen Küstengebiet. Dies Holz war leidlich gesund, ließ aber an einigen Stellen Trockenrisse erkennen. Die Bruchflächen waren nicht stark ausgeprägt, fielen im allgemeinen in eine einzige zusammen, waren aber manchmal auch verzweigt. Obwohl nicht zu den festen Hölzern gehörig, wie man aus den Schaulinien auf Tafel II entnehmen kann, ist es doch weit besser als das Holz gleichen Namens, das im südlichen Küstengebiet geschlagen wird. Es hat zwei schwerwiegende Mängel, das ist Neigung zum Werfen nach allen Richtungen hin und die Bildung langer Trockenrisse.

9. Red Mahogany, vom nördlichen Küstengebiet. Die Probestücke hiervon ließen die Anwesenheit von Splintholz erkennen und einige hatten große Harzgallen; im übrigen war das Holz

Digitized by Google

leidlich gesund. Die bei den Prüfungen erzielten Ergebnisse waren unregelmäßig, auch ist das Holz ziemlich spröde.

10. White Mahogany, vom nördlichen Küstengebiet. Diese Gattung steht an Festigkeit der roten Abart nach, ist aber weniger spröde. Die Bruchflächen waren stets verzweigt und nicht stark ausgeprägt. Das Holz hat ein gleichmäßiges Gefüge, neigt aber zu Trockenrissen.

11. Colonial Teak, vom nördlichen Küstengebiet. Dies Holz war am Zopfende und in der Mitte des Stammes gerade gewachsen und von gleichmäßiger Struktur, am Stammende aber gekräuselt. Es zeigte reichliches Vorkommen von Trockenrissen und ist etwas spröde. Die Bruchflächen waren stark ausgeprägt, waren aber stets doppelt oder verzweigt. Die Ergebnisse waren unregelmäßig.

12. Grey Box, vom südlichen Küstengebiet. Dies Holz lieferte die zweithöchsten Resultate, die in der Versuchsreihe vorkamen. Es gleicht im Aussehen, Gewicht und Verhalten bei der Probe etwas dem Grey Ironbarkholz. Die Probestücke waren fehlerfrei, abgesehen von Trockenrissen, und die Bruchflächen stark ausgeprägt, in den meisten Fällen in eine einzige zusammenfallend. Die Ergebnisse waren regelmäßig. Die Erfahrung hat gelehrt, daß dieses Holz dem Ironbarkholz an Dauerhaftigkeit weit nachsteht.

13. Woollybutt, vom südlichen Küstengebiet. Dies Holz war ziemlich fehlerfrei, von ebenmäßiger Struktur, seine Festigkeit nimmt aber mit der Zunahme des Feuchtigkeitsgehaltes sehr rasch ab. Die Bruchflächen fielen im allgemeinen in eine einzige zusammen.

14. Spotted Gum, vom südlichen Küstengebiet. Die Probestücke waren im allgemeinen gut, abgesehen von leichten Trockenrissen, und das Holz besaß mittlere Festigkeit. Die Stücke hatten alle ungefähr den gleichen Feuchtigkeitsgehalt, folglich ist auf Tafel II keine Kurve entstanden.

15. Turpentine, vom südlichen Küstengebiet. Dies Holz steht dem gleichnamigen vom nördlichen Küstengebiet nach, es ließ sich unter Druck vor dem Bruch beträchtlich stauchen. Trockenrisse gab es in allen Fällen quer zur Richtung der Jahresringe, sie waren die Ursache von staffelförmigen unregelmäßigen Bruchflächen.

16. Blackbutt, vom südlichen Küstengebiet. Diese Probestücke waren nicht fehlerfrei, sie hatten Harzgallen, Trockenrisse und waren wurmstichig. Sie gingen größtenteils nach einer mehr

Digitized by Google

oder weniger gestaffelten Fläche zu Bruch. Trotz der Fehler gab diese Holzart die höchsten Resultate. Da die Stücke aber gut ausgetrocknet waren und annähernd den gleichen Feuchtigkeitsgehalt besaßen, ließ sich eine Kurve auf Tafel II nicht zeichnen.

17. White Stringybark, vom südlichen Küstengebiet. Die Proben aus diesem Holz enthielten Trockenrisse, Harzgallen und waren wurmstichig, warfen sich auch in vielen Fällen an den Seiten. Die Bruchflächen waren unregelmäßig. Eine Kurve ließ sich auch in diesem Falle nicht zeichnen, da alle Proben annähernd den gleichen Feuchtigkeitsgehalt besaßen.

Zusammenfassung der Ergebnisse der Würfelversuche.

Die Schaulinien auf Tafel II zeigen die Ergebnisse der Würfelversuche bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt weit besser als es mit Hilfe einer Tabelle geschehen kann. Die untenstehende Tabelle I faßt jedoch die Ergebnisse zusammen und ordnet die Holzarten angenähert nach der Höhe der gefundenen Festigkeiten.

Tabelle I.

Ergebnisse der Würfeldruckversuche.

Reihenfolge in bezug auf Festigkeit angenähert	Unterscheidungsziffer	Einheimische Bezeichnung	Standort	Festigkeit in kg/qcm bei		
				15%	25%	35%
				Feuchtigkeit		
1	16	Blackbutt	Südl. Küstengebiet	750	—	—
2	12	Grey Box	„ „	700	654	642
3	4	Grey Ironbark	Nördl. „	668	601	577
4	3	Grey Gum	„ „	658	590	559
5	13	Woollybut	Südl. „	686	562	510
6	18	White Stringybark	„ „	679	—	—
7	2	Tallow-wood	Nördl. „	622	570	545
8	9	Red Mahogany	„ „	637	562	513
9	7	Brush Box	„ „	671	507	475
10	14	Spotted Gum	Südl. „	622	—	—
11	1	Blackbutt	Nördl. „	605	520	496
12	11	Colonial Teak	„ „	528	496	489
13	6	Blue Gum	„ „	535	478	454
14	8	Turpentine	„ „	595	440	400
15	10	White Mahogany	„ „	520	450	411
16	15	Turpentine	Südl. „	518	419	373

Digitized by Google

Beim Blackbuttholz (16) würde die Festigkeit bei höherem Feuchtigkeitsgehalt als 15% wahrscheinlich schnell heruntergehen.

Ein Holz kann bei einem geringen Feuchtigkeitsgehalt fester sein als ein anderes, aber weicher bei einem größeren Feuchtigkeitsgehalt. Man kann erkennen, daß die Kurven auf Tafel II sehr schroff abfallen. Hieraus folgert eine starke Abnahme an Festigkeit bei Zunahme der Feuchtigkeit für Brush Box, Turpentine und Woollybutt im Vergleich mit Grey Gum, Ironbark und

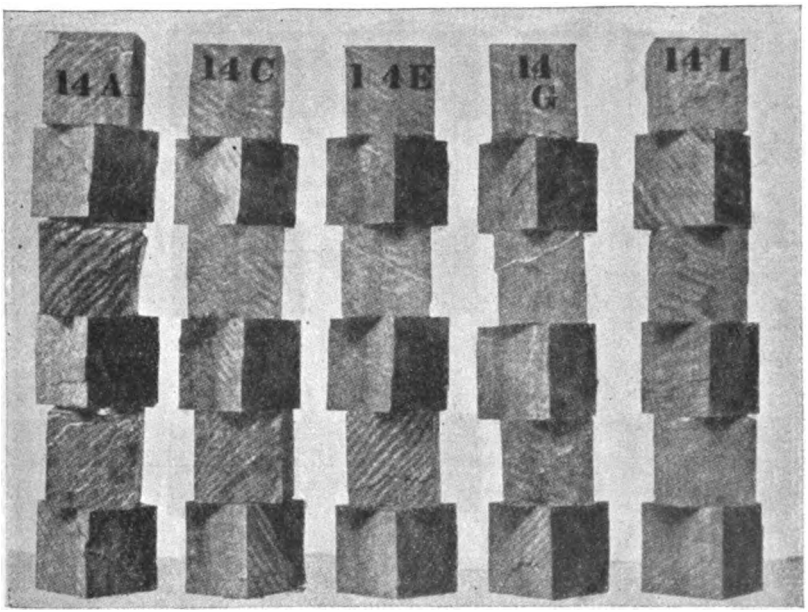


Fig. 4.

Tallow-wood, die bei einer Steigerung des Feuchtigkeitsgehaltes viel weniger an Festigkeit verlieren.

Schlußfolgerungen aus den Ergebnissen der Würfelversuche.

Eine aufmerksame Betrachtung der Ergebnisse, die aus den Versuchen mit Würfeln, die den fünf Abschnitten des Stammes entnommen waren, gewonnen worden sind, mit Berücksichtigung des in jedem Falle vorhandenen Feuchtigkeitsgehaltes zeigt, daß das aus dem höchsten in den Schaulinien auf Tafel I mit A bezeichneten Abschnitt herausgesägte Holz ein wenig fester ist als

Digitized by Google

das aus den vier anderen Abschnitten genommene. Der Unterschied ist aber so gering, daß man durchwegs ungefähr die gleiche Festigkeit des Holzes auf der ganzen Länge des Stammes annehmen darf.

Ein Vergleich der auf Tafel II dargestellten Kurven, die sich auf die verschiedenen in dieser Versuchsreihe geprüften Hölzer beziehen, ergibt, daß jede Holzart eine charakteristische Feuchtig-

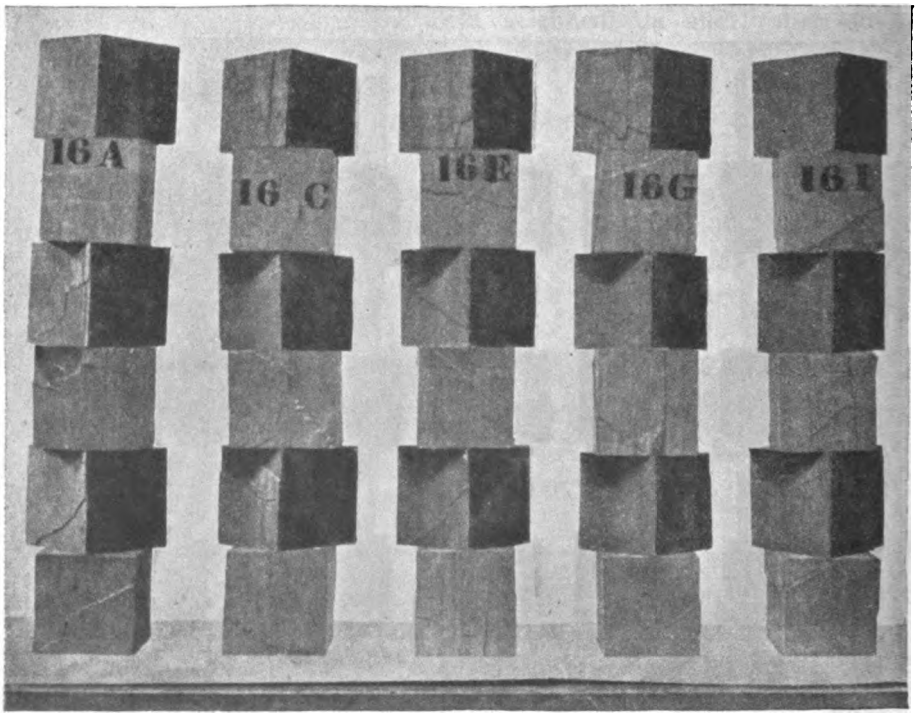


Fig. 5.

keit-Festigkeitskurve besitzt. Das Studium der Tafel II läßt ebenfalls erkennen, daß es auf jeder Kurve einen Punkt gibt, der anzeigt, daß, nachdem ein bestimmter Feuchtigkeitsgehalt erreicht ist, ein weiterer Feuchtigkeitszuwachs die Festigkeit nicht erheblich heruntersetzt, während andererseits die Verminderung der Feuchtigkeit — links von dem erwähnten Punkt auf den Kurven — eine bedeutende Steigerung in der Festigkeit hervorruft. Diese Steigerung ist bei einigen Hölzern viel größer als bei andern, was

Digitized by Google

durch die verhältnismäßige Steilheit der Kurven angezeigt wird. Die gewonnenen Ergebnisse kennzeichnen, wie wichtig das Austrocknen für die Festigkeit des Holzes ist. Sie veranschaulichen, daß einige Holzarten, wenn sie dem Wetter ausgesetzt sind, infolge von Feuchtigkeitsaufnahme erheblich in der Festigkeit heruntergehen können, wie z. B. Woollybutt, Brush Box und Turpentine und in geringerem Grade Grey Box, Ironbark, Grey Gum und Tallow-wood. Eine bei diesen Versuchen gemachte Beobachtung ist noch zu erwähnen, daß nämlich der Bruch stets durch Abscheren auf Flächen, die den Jahresringen parallel laufen, erfolgte. Die photographischen Aufnahmen der Würfel nach dem Versuch zeigen deutlich die Art und Weise des Bruches und Fig. 4, mit der Kennzeichnung 14, stellt Spotted Gum dar; Fig. 5, mit der Kennzeichnung 16, zeigt Blackbutt.

Digitized by Google

THE
JOHN CRERAR
LIBRARY

Digitized by Google

Oberflächenbeschaffenheit und Bodenart	
Rauhes, steiniges Hügelland, Boden schokoladenfarbig	
dto.	
dto.	Stammab
dto.	Entnahm
—	Richtung
Eben, dürr, m. Dickicht bewachsen, Boden schokoladenfarbig	
Rauh, steinig, m. Strauchwerk bewachsen, Boden schokoladfarb.	
Rauhes, steiniges Hügelland, Boden schokoladenfarbig.	
dto.	
dto.	
Dichtes Strauchwerk, Boden rötlich-schokoladenfarbig.	

3
Prism

THE JOHN CRERAR LIBRARY

Digitized by Google

THE
JOHN CRERAR
LIBRARY

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIV 1

ANSTRICHE FÜR METALLTEILE.

Bericht von **Allerton S. Cushman**, Washington.

(Übersetzt von F. Willy und Aenne Hinrichsen, Berlin.)

Seit langer Zeit hat man die Notwendigkeit, alle Metalle und besonders Eisen- und Stahlteile mittelst geeigneter Anstriche vor Rostangriff zu schützen, als eine besonders wichtige Frage erkannt. Die Neigung zum Rosten und Zerfallen ist für das Element Eisen charakteristisch und bleibt ihm mehr oder weniger auch in allen seinen Legierungen und Verbindungen treu. Wenn auch wahrscheinlich feststeht, daß ein gleichförmig und sorgfältig hergestelltes Metall dem Rostprozeß langsamer und anders als ein schlecht und schnell erzeugtes Material unterliegt, so muß man doch zugeben, daß überall, wo Eisen und Stahl verwendet werden, schützende Anstriche zu ihrer Erhaltung notwendig sind. Eine Ausnahme bilden höchstens solche Verhältnisse, wie sie im Innern von Kesseln bestehen, in denen man derartige Schutzschichten praktisch nicht verwenden kann. Jedenfalls sollten zum Schutze von Konstruktionen aller Art z. B. Brücken, Schienen und zahlreichen anderen Formen, in denen Eisen erzeugt wird, ausschließlich die denkbar besten Materialien benutzt werden, zumal die Dicke der Schutzschicht, welche den stärksten Beanspruchungen widerstehen soll, höchstens kleine Bruchteile eines Millimeters beträgt. Die Wirksamkeit eines Anstriches für Metallteile hängt ab

1. von der Güte des verwendeten Farbträgers;
2. von der Einwirkung des Farbstoffes auf das Bindemittel, mit dem es angerührt ist;
3. endlich von der Einwirkung des Farbstoffes selbst auf das darunterliegende Metall.

Digitized by Google

Dieser letzte Punkt, nämlich der etwaige Einfluß des Farbstoffes auf das darunterliegende Metall, bildet den Kernpunkt des vorliegenden Berichtes. Gerade dieser Frage haben seit der letzten Tagung unseres Kongresses zahlreiche Forscher besondere Aufmerksamkeit zugewandt.

Zahllose Abhandlungen sind über die Frage der Schutzanstriche veröffentlicht worden, so daß es geradezu unmöglich ist, in einem Bericht wie dem vorliegenden, auf alle einzugehen. Bereits vor vielen Jahren haben zahlreiche Sachverständige Untersuchungen über die Schutzanstriche von Metallteilen angestellt und Bericht darüber erstattet, aber bis zu dem Zeitraum der letzten drei Jahre bestand die Hauptaufgabe der experimentellen Untersuchungen in der Feststellung derjenigen Mischung von Bindemittel und Farbstoff, welche gleichzeitig den besten Schutz gegen das Eindringen von Wasser und von Gasen aus der Luft, die den Rostangriff herbeiführen, sowie die größte Lebensdauer der aufgetragenen Schutzschichten gewährleisten.

In den letzten Jahren haben einige Forscher unabhängig voneinander allgemein die Frage des Zerfalles und des Rostens von Eisen und Stahl durch atmosphärische Luft bearbeitet. Der Erfolg war, daß die elektrolytische Auffassung des Rostvorgangs sich verbreitet hat und auch erfolgreich verteidigt worden ist. Es mangelt an Platz, um in diesem Bericht eine Erörterung derjenigen Tatsachen zu geben, auf denen sich die elektrolytische Theorie des Rostangriffes aufbaut.[1]) Es genügt, festzustellen, daß bei weitem die Mehrzahl der Sachverständigen, die während der letzten drei Jahre auf diesem Gebiete gearbeitet haben, überzeugt ist, daß die elektrolytische, auf der modernen Lösungstheorie fußende Erklärung für alle Rost- und Zerfallsreaktionen herangezogen werden kann.

Sobald die elektrolytische Theorie auftauchte, kam man dazu, im Anschluß an diese Arbeitshypothese anzunehmen, daß die Farbstoffteilchen einer Schutzschicht leicht Einfluß auf den Rostvorgang haben könnten, der sich auf dem unterliegenden Metall vorbereitete, indem sie ihn entweder begünstigten oder hemmten. Der erste Hinweis auf diese Möglichkeit wurde von dem Berichterstatter

[1]) Whitney, Journ. Am. Chem. Soc. XXV., 1, 394 (1903). Cushman, Proc. Am. Soc. Testing Materials. VII, 211 (1907). Heyn und Bauer, Journ. Iron and Steel Inst. **78**, 663 (1908). Walker, Journ. Am. Chem. Soc, XXIX, 1251; XXX. 473 (1907).

Digitized by Google

vor dem Amerikanischen Materialprüfungsverband bei der Jahresversammlung 1907 gegeben.[1]) Im nächsten Jahre wurde diese Frage in einer anderen Abhandlung[2]) weiter ausgeführt und besprochen. Die von mehreren Forschern beobachtete Tatsache, daß Chromsäure und ihre löslichen Salze die Fähigkeit haben, die Eisenoberfläche passiv zu machen und dadurch den Rostangriff zu hemmen, schien ein neues Feld zur Erforschung von Schutzanstrichen zu erschließen. Andererseits schien der bekannte Rostschutz, der in der Anwendung von stark alkalischen Lösungen besteht, darauf hinzuweisen, daß die bekannte schützende Eigenschaft vieler basischer Farbstoffe auf demselben Prinzipe beruht. Man hat gefunden, daß viele stark basische Farbstoffe ausgezeichnet für den ersten Anstrich sind, z. B. Bleimennige, die bekanntlich allgemein zu diesem Zwecke gebraucht werden. Trotzdem bestanden große Meinungsverschiedenheiten unter den Ingenieuren bezüglich des Wertes von Bleimennige. Man kann daher nicht sagen, daß die Frage eines Schutzes für Eisen und Stahl so weit gediehen wäre, daß nicht noch große Verbesserungen möglich wären. Ein Punkt, auf den in den früheren Untersuchungen von dem Berichterstatter hingewiesen wurde, ist der, daß die schützende Wirkung eines Anstriches vollkommen zunichte gemacht werden kann durch die Gegenwart von den Angriff verstärkenden oder beschleunigenden Verunreinigungen. Es ist öfters betont worden, daß in Fällen, in denen in einem Schutzanstrich rostverhindernde Farbstoffe rostfördernde Verunreinigungen enthielten, sich die Wirkungen gegenseitig aufhoben. Das Ergebnis war, daß das darunterliegende Metall an schwachen Stellen, wo der Schutz nicht stark genug war, erheblich angegriffen wurde.[3]) Tatsächlich scheint da, wo beide entgegengesetzten Vorgänge sich zu gleicher Zeit abspielen, der Angriff lokalisiert und an gegebenen Stellen sogar heftiger zu sein als da, wo keine solche Wechselwirkung möglich ist. Für diejenigen, die in den letzten Jahren die Forschungen auf diesem Gebiete nicht verfolgt haben, sei bemerkt, daß man unter der „angreifenden" Wirkung eines Farbstoffes in einem sogenannten Schutzanstrich einen chemischen

[1]) Der Rostangriff von Eisen. Allerton Cushman. Proc. Am. Soc. Test. Materials, VII. 211 (1907).

[2]) Die hemmende Wirkung gewisser Farbstoffe auf den Rostangriff von Eisen und Stahl. Allerton S. Cushman, ib. VIII., 605 (1908).

[3]) Cushman, l. c. Vergl. auch Friend, Iron and Steel Inst., Carnegie Scholarship Memoirs, III., 1 (1911).

Digitized by Google

oder elektrolytischen Vorgang versteht, der den schnellen Zerfall des Metalles, mit dem er in Berührung kommt, veranlaßt. Andererseits versteht man unter „hemmender" Wirkung die Gegenwirkung, die darauf hinzielt, den Zerfall zu verhindern oder zu verzögern. Wenn es möglich wäre, ein Bindemittel zu finden, das unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft zu einem festen Überzug erstarrte, in den oder durch den Wasser nicht dringen könnte, wäre es für unseren Gegenstand von wenig Belang, wie sich der Farbstoff, der mit diesem Bindemittel vermengt würde, verhielte. Leider ist es aber bekannt, daß bisher noch kein Anstrich- oder Bindemittel entdeckt oder vorgeschlagen worden ist, das vollständige Dichtigkeit aufwiese. Es mag zugegeben werden, daß der Zusatz von gewissen guten Gummisorten und Firnissen die Abdichtungsfähigkeit der Bindemittel stark erhöhen und ihre Lebensdauer verlängern. Man darf aber nicht vergessen, daß der Einfluß der Feuchtigkeit, der Dämpfe und Gase der Atmosphäre selbst die kostspieligsten und vollkommensten Anstriche nach und nach angreifen und verändern. Außerdem muß man bedenken, daß Tage und Jahre hindurch die Zusammenziehung und Ausdehnung des Metalles infolge der wechselnden und ungleichmäßigen Ausdehnungskoeffizienten beständig darauf hinarbeiten, den Anstrich zu zerstören. Im Lichte der modernsten Forschungen scheint es daher, daß den Eigenschaften des Bindemittels die größte Aufmerksamkeit zugewandt werden muß, nachdem alles, was praktisch und wirtschaftlich möglich ist, versucht worden ist. Die Beschleunigung oder Verzögerung des Rostvorganges muß in hohem Grade von dem Einflusse, den das Bindemittel auf die darunterliegende Oberfläche ausübt, abhängen.

Ausgehend von der Voraussetzung, daß die verschiedenen Typen von Substanzen, die als Farbstoffe für Schutzanstriche gebraucht werden, entweder eine fördernde oder hemmende Wirkung auf den Grad des Angriffes und die Neigung zum Rost des unterliegenden Metalls haben könnten, wurde weiter auf theoretischer Grundlage angenommen, daß leichtlösliche Chromate einen schützenden Einfluß hätten, wenn sie als Farbstoffe benutzt würden, indem sie die Oberfläche des Eisens passiv erhielten, falls Wasser oder Sauerstoff durch die Farbschicht drängen.[1]) Auch in Hinsicht

[1]) A. S. Cushman, Bull. 30, Office of Publics Roads, U. S. Dept. Agr., 10. Mai 1907.

Digitized by Google

auf die bekannte Tatsache, daß Alkalien den Zerfall des Eisens aufhalten, während Säuren ihn beschleunigen, wurde angeregt, daß die Wirkung mehr oder weniger reiner Farbstoffe auf Eisen bei Gegenwart von Wasser gründlich erforscht werden sollte. Diese Anregung wurde von G. W. Thompson gegeben, der auch die Untersuchungsmethode vorschlug. Vor drei Jahren lud die Kommission U (jetzt Kommission A 5) des Amerikanischen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik die Kommission D 1 (damals Kommission E) zur Mitarbeit ein, um diese Untersuchungen auszuführen. Eine besondere Unterkommission wurde ernannt, welche die beiden Hauptkommissionen repräsentierte. Die Methode und Resultate der Wasserfarbenuntersuchungen sind kürzlich besprochen und veröffentlicht worden[1]) und brauchen jetzt nicht in ihren Einzelheiten mitgeteilt zu werden. Kurz beschrieben, bestand die Methode darin, daß man Stahlproben in wässeriger Lösung der verschiedenen Farbstoffe aufhängte und in bestimmten Zeitabschnitten Luft hindurchließ. Der Zerfall wurde durch den Gewichtsverlust festgestellt, den die Stahlplatten nach gründlicher Reinigung und Trocknung aufwiesen. Etwa 50 Farbstoffe, die mehr oder weniger im ständigen Gebrauch für Stahlanstrich sind, wurden aus dem Handel bezogen und unter die verschiedenen Ausschußmitglieder verteilt, welche die Versuche ausführen wollten. Jeder Forscher arbeitete unabhängig von den anderen, nur alle nach derselben Methode. Die Zeit, während der die Proben dem Rostangriff ausgesetzt wurden, war bei allen Forschern verschieden. Als die Resultate vom Unterausschuß verglichen und analysiert wurden, zeigte sich eine auffallende Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Forschern. Man beschloß, eine Reihe von Nachprüfungen in Verbindung mit dem gewöhnlichen Ölbindemittel zu machen. Auf das Resultat der Wasserprüfungen hin teilte der Unterausschuß die Farbstoffe versuchsweise in „hemmende", „fördernde" und „unbestimmte" ein. Das Wort „unbestimmte" wurde nach langer Diskussion gewählt, weil die Wörter „neutral" und „träg" schon eine bestimmte Bedeutung in der Farbtechnologie besitzen. Der Ausschuß hob bei dieser Gelegenheit ausdrücklich hervor, daß sich diese versuchsweise Klassifikation in hemmende und fördernde, die bis zur Zeit seines Berichtes gebraucht worden war, nur auf die Resultate der Wasserprüfung bezöge, und daß

[1]) Proc. Amer. Soc. for Test. Mater. IX., 203 (1909).

Digitized by Google

die Folgerung, daß die Farbstoffe in dieselbe Klasse eingereiht werden sollten, wenn sie mit einem gebräuchlichen Bindemittel zu Anstrichen verwendet würden, nicht gerechtfertigt wäre. Um diesen Punkt zu betonen, kam man überein, die Klassifikation gewissermaßen zu präzisieren, indem man von den verschiedenen Materialien als „wasserhemmend" oder „wasserfördernd" sprach. Wie vorauszusehen war, gab es einige Meinungsverschiedenheiten über die Resultate der Untersuchungen. Man fragte sich, ob sie überhaupt etwas mit dem Werte des Farbstoffes zu tun haben würden, wenn er richtig mit einem Ölbindemittel gemischt wäre und auf eine Stahloberfläche als Schutzanstrich aufgetragen wäre.

Eine einfache Methode, um die wasserhemmende Wirkung eines Farbstoffes ohne weitere Laboratoriumsversuche im voraus zu bestimmen, ist kürzlich veröffentlicht worden.[1]) Um diese Frage zu verfolgen, machte die Paint Manufacturers Association of the U. S. eine Schenkung, um in Atlantic City eine Reihe von Stahlplatten aufzustellen, welche unter den gleichen Prüfungsbedingungen mit den Farben gestrichen werden sollten, wie sie bei der Wasserprüfung zur Untersuchung gelangt waren. Diese Atlantic City-Prüfplatten, die später genauer beschrieben werden sollen, waren nicht, wie manchmal angenommen, zu dem Zwecke aufgestellt worden, um zu entscheiden, welches der beste Schutz in Form eines Anstriches für Stahl im Betriebe wäre, sondern lediglich, um durch den Versuch festzustellen, ob die Methode, die als Hemmungstheorie für Schutzanstriche bekannt ist, durch die Beobachtungen gestützt würde, die man mittelst einer systematischen Reihe von Angriffsversuchen nach einer langen Reihe von Jahren erhalten würde.

Es sei hier erwähnt, daß der Wert mancher Farbstoffe, welche jetzt als hemmend bezeichnet worden sind, in vielen Fällen schon viel früher erkannt worden ist. Manche von diesen Farbstoffen sind schon ganz allgemein zum Schutze von Metallen angewandt worden. Nur hatte man bisher noch nicht versucht, die Gründe für die Schutzwirkung aufzuklären, welche sie offensichtlich auf die darunterliegende Metallfläche ausübten. Schon im Jahre 1900 erklärte Andes,[2]) vortreffliche Ergebnisse bei der Verwendung von

[1]) Rostangriff und -schutz von Eisen und Stahl (Cushman-Gardner), McGraw-Hill Book Co. (1910), S. 243.

[2]) L. E. Andes, Rostangriff von Eisen (1900).

Digitized by Google

Kaliumchromat als Rostschutzmittel für Eisen und Stahl erhalten zu haben. Jedoch gab es noch keine Erklärung für diese Schutzwirkung, die beim Imprägnieren von Stahlplatten mit wässerigen Chromatlösungen eintrat. Vor einigen Jahren hat ferner Wood[1]) gezeigt, daß gute Ergebnisse bei Anwendung von Chromatfarben erzielt wurden, aber auch hier wurde noch keine Erklärung für die Ursachen dieser Schutzwirkung gegeben. Wood wies ferner auf die Schutzwirkungen basischer Farbstoffe, wie Bleiweiß, Mennige usw hin. Bekanntlich sind die Alkalichromate und Bichromate im Wasser leicht löslich und können nicht gut mit Öl als Bindemittel angerieben werden, um als Anstrichfarben verwendet zu werden. Dagegen weiß man, daß die Chromate der alkalischen Erden sowie auch gewisser Metalle, die im Wasser sehr wenig löslich sind, sich leicht mit Öl vermischen und Farbpasten liefern, die sich sehr gut auftragen lassen und guten Schutz gewähren. In der Tat hat man erkannt, daß Chromatfarbstoffe alle Voraussetzungen für gute Anstriche erfüllen. Jedoch werden viele Chromatfarbstoffe durch Niederschläge aus saurer Lösung hergestellt und enthalten daher, wenn sie auch von Natur schützend wirken, leicht saure, Rost befördernde Verunreinigungen.

Das Resultat der Prüfung auf hemmende Wirkung im Wasser, die oben beschrieben wurde, war, daß fast alle stark basischen Farbstoffe sich als wirksame Rostschutzmittel erwiesen. Ein Farbstoff, der basischen Charakter mit der schützenden Wirkung eines schwerlöslichen Chromats verbindet, ist „American Vermilion". Es ist dies ein basisches Bleichromat, das, wie wir später sehen werden, alle Farbstoffe übertroffen hat, die auf den Atlantic City-Platten geprüft wurden. Im Zusammenhang hiermit ist es interessant, festzustellen, daß bereits vor den hier beschriebenen theoretischen Erörterungen Herr G. W. Scott[2]) aus Chicago, ein hervorragender Farbtechniker, über die ausgezeichneten Ergebnisse berichtet hat, die er bei Anwendung dieses Farbstoffes zum Streichen von eisernen Läden auf einem großen Lagerhaus erhielt. Scott hatte dieses Material nicht gewählt, weil er von seiner schützenden Wirkung wußte, sondern hat nur die Tatsache berichtet, daß nach zehnjähriger Dauer der Anstrich noch vorzügliche Resultate ergab, indem er das damit gestrichene Metall äußerst wirksam geschützt hatte.

[1]) M. P. Wood, Rostfreie Anstriche, Wiley & Sons (1905.)

[2]) Drogen, Öle und Farben (Phila), XXIII., 4, 135 (1907).

Digitized by Google

Neben den guten Resultaten, über die beim Gebrauche von zweckmäßig ausgesuchten Chromatfarbstoffen berichtet wurde, finden sich in der Literatur viele Hinweise auf die guten Ergebnisse, die durch Gebrauch von gut ausgewählten basischen Farbstoffen erzielt wurden, welche leicht unter schwach alkalischer Reaktion hydrolysieren. Als Beispiel hierfür können wir die guten Resultate anführen, die man bei einigen basischen Schlackenfarbstoffen erhielt, ferner die allgemein bekannte Schutzwirkung der Oxyde und basischen Karbonate von Blei, Zink und anderen Metallen. Basisch kohlensaures Bleiweiß („korrodiertes" Bleiweiß) und basisch schwefelsaures Bleiweiß (sublimiertes Bleiweiß) gehören ebenfalls zu derselben Klasse. Häufig ist Portlandzement als Farbstoff vorgeschlagen worden, unzweifelhaft wegen der bekannten alkalischen Wirkung, den man bei der Hydrolyse dieser Substanz erhält. Es mag aber schon hier darauf hingewiesen werden, daß, falls die alkalische Reaktion eines Farbstoffes stark ist, der Einfluß auf das Ölbindemittel zu stark wird, indem es schnell verseift wird, so wird die Wirksamkeit des Farbstoffes durch die schnelle Zerstörung des Bindemittels sehr schnell vernichtet. Es ist wahrscheinlich, daß gute Resultate erzielt werden können, wenn man stark basische Farbstoffe als Material für den ersten Anstrich verwendet, vorausgesetzt, daß der äußere Anstrich ausdrücklich imstande ist, Luft und Wasser im höchsten Grade abzuhalten. Tatsächlich ist dieses Vorgehen von mehreren Farbtechnikern empfohlen worden.

In letzter Zeit ist der Wert der Hemmungstheorie, soweit sie sich auf Schutzanstriche von Metall bezieht, in Europa besonders von Friend erkannt worden[1]). Er bekämpft die elektrolytische Theorie und ist zu der alten Säuretheorie zurückgekehrt. Trotzdem empfiehlt er den Gebrauch der unlöslicheren Chromate und basischen Chromate, z. B. von Blei, Zink usw., als Farbstoffe in Anstrichen für Eisenoberflächen zum Schutze gegen vorzeitiges Rosten. Doktor Friend stimmt auch darin mit dem Berichterstatter überein, daß der Farbstoff frei von löslichen Verunreinigungen sein soll, da sonst die Wahl solcher Farbstoffe mehr Schaden als Nutzen bringen kann. Alle Autoritäten, die die neueren Rosttheorien angenommen haben, erkennen an, daß in dem ersten Anstriche Farbstoffe, die metallische Natur besitzen oder gute Elektrizitätsleiter sind, ver-

[1]) J. Newton Friend, Der Rostangriff von Eisen und Stahl, S. 208, Longmans Green & Co., London, 1911.

Digitized by Google

Tabelle 1.

Zweite Besichtigung der gestrichenen Versuchsstahlplatten in Atlantic City, N. J., durch Unterausschuß D der Kommission D—1, 1911.

Platte Nr.	Farbstoff	W. H. Walker	P. H. Walker	H. A. Gardner (Obmann)	C. Chapman	Mittel
1	Bleiweiß (Holländ. Verfahren)	2	3	3	5	3·7
2	Bleiweiß (Schnellverfahren)	4	4	3	6	4·2
3	Zinkoxyd (XX)	1	1½	1	2½	1·5
4	Sublimiertes Bleiweiß	9	9½	9	8½	9·0
5	Sublimiertes Bleiblau	9	9½	9½	7½	8·8
6	Lithopone	2	1½	2	3½	2·2
7	Zink-Bleiweiß	3	4	5	7	4·7
9	Mineral-Orange	9	9	9	6½	8·3
10	Bleirot	9	9	9	6½	8·3
12	Hellrotes Oxyd	8½	9	8	7	8·1
14	Venetianisch-Rot	7	9	7	9	8·0
15	Prinzeß-Metallbraun	5	7½	6	8	6·3
16	Natürlicher Graphit	6	9	4	9½	6·8
17	Künstlicher Graphit	5	7½	4	7	5·9
19	Lampenruß	5	7½	5	8	6·3
20	Weidenholzkohle	9	8½	9	9	8·8
21	Kohlenschwarz	7	8½	5	8½	7·2
24	Gelber Ocker (französ.)	5	7	2	8	5·5
27	„Baryt“ (natürl.)	1	1	1	—	0·7
28	„Baryt“ (gefällt)	2	1½	2	2	1·8
29	Calciumkarbonat (Kreide)	—	—	—	—	—
30	Calciumkarbonat (gefällt)	—	—	—	—	—
31	Calciumsulfat (Gips)	1	1	1	3	1·7
32	Ton (Kaolin)	6	6	7	6½	6·3
33	Asbest (Mg-Silikat)	5	4½	6	5	5·1
34	„American Vermillion“	10	10	10	10	10·0
36	Bleichromat	7	7½	8½	8	7·7
39	Zinkchromat	9	9	10	9½	9·5
40	Zink- und Baryumchromat	9	9½	10	9½	9·5
41	Chromgrün (blauer Ton)	10	10	10	9½	9·8
44	Preußischblau (W. S.)	9	9½	9½	9	9·0
45	Preußischblau (W. J.)	8	9½	8½	8½	8·5
48	Ultramarinblau	—	—	—	—	—
49	Zink- und Bleichromat	10	9½	10	9½	9·7
51	Magnet. Eisenoxyd	9	9½	10	9½	9·5
111	Gemischtes Braun	7	9	9	9	8·5
222	Gemischtes Schwarz	9	9	9	8½	8·8
3333	Gemischtes Weiß	4	4	7	3	4·5
444	Gemischtes Grün	5	7	7	8	6·7
555	Gemischtes Schwarz	9	9	6	9	8·2
666	Gemischtes Braun	8	8	6	9	7·7
777	Gemischtes Weiß	7	10	5	7	7·2
888	Gemischtes Grün	7	8	8	9	8·0
2000	1 Lage Zinkchromat 1 Lage Eisenoxyd	8	8½	8	8	8·1
3000	1 Lage Bleichromat	7	8	7½	7½	7·3
4000	1 Lage Bleimennige 1 Lage Eisenoxyd	7	8½	8	7½	7·7
100	Glattes Kohlenschwarz mit Terpentin und Sikkativ aufgetragen	5	8½	4	8½	6·5
90	Lampenruß mit Terpentin und Sikkativ aufgetragen	5	7	3	8	5·7
5555	Bleimennige überstrichen mit Kohlenteer	4	8	2	7	5·2
1000	Chromresinat in Öl (1 Lage)	1	—	—	2	0·7
1 Platte	3 Lagen gekochtes Leinsamenöl	1	—	1	4	1·5

Digitized by Google

mieden werden müssen, um die Gefahr der zerstörenden galvanischen Wirkung zu verringern. Die Anstrichfarbstoffe bilden die Kathode, das darunterliegende Eisen die Anode, die erforderliche Feuchtigkeit dringt durch den Überzug.

Versuche mit Stahlplatten in Atlantic City.

Es ist schon oben festgestellt worden, daß als Ergebnis der Wasserfarbenprüfungen beschlossen wurde, in Atlantic City eine Anzahl von Stahlplatten aufzustellen, die mit den verschiedenen mit einem und demselben Bindemittel angerührten Farben gestrichen werden sollten. Diese Prüfungen standen unter Aufsicht des Ausschusses A—5 des Amerikanischen Verbandes für Materialprüfungen der Technik und wurden durchaus der Praxis entsprechend und in großem Maßstabe ausgeführt.

Seit ihrer Aufstellung sind mehrere offizielle Besichtigungen der Platten in Atlantic City vorgenommen worden. In jedem Falle

Tabelle 2.

Mittelwerte, Güteziffern von 8 bis 10.

Platte Nr.	Farbstoff	Mittelwert
34	„American Vermillion" (Bas. Bleichromat)	10·0
41	Chromgrün	9·8
49	Blei- und Zinkchromat	9·7
39	Zinkchromat	9·5
40	Zink- und Baryumchromat	9·5
51	Schwarzes Eisenoxyd	9·5
4	Sublimiertes Bleiweiß	9·0
44	Preußischblau I	9·0
5	Sublimiertes „Bleiblau"	8·8
20	Weidenholzkohle	8·8
222	Gemischte Farbe	8·8
45	Preußischblau II	8·5
111	Gemischte Farbe	8·5
9	Mineral-Orange	8·3
10	Bleimennige	8·3
555	Gemischte Farbe	8·2
12	Hellrotes Eisenoxyd	8·1
2000	1 Lage Zinkchromat, 1 Lage Eisenoxyd	8·1
14	Venetianisch Rot	8·0
888	Gemischte Farbe	8·0

Digitized by Google

hat die Besichtigung durch einen ausdrücklich gewählten Unterausschuß von Sachverständigen stattgefunden. Der Raum erlaubt es nicht, einen detaillierten Bericht jeder erfolgten Besichtigung zu geben. Jedoch sind die Resultate der offiziellen Besichtigung vom Juni 1911 in der folgenden Tabelle enthalten. Der Grad der Güte und Dauerhaftigkeit ist in Zahlen von 1—10 angegeben, wobei 10 den höchsten Wert angibt.

Eine vollständige Geschichte der Stahlplatten von Atlantic City ist kürzlich veröffentlicht worden und ist in Buchform zu beziehen [1]).

In Tabelle 1 findet sich die Bewertung der einzelnen Platten durch jeden einzelnen Besichtiger sowie ein Durchschnittswert für jede Platte.

In Tabelle 2 sind die Zahlen für diejenigen Platten wiedergegeben, die vom Ausschuß zwischen 8 und 10 bewertet wurden und sich am besten bewährt hatten.

Bericht 1910.

Mittelwerte. Güteziffern von 8 bis 10.

Nr.	Farbstoff	Mittelwert
34	„American Vermillion" (Chromscharlach)	9·8
41	Chromgrün (blauer Ton)	9·7
40	Zink- und Baryumchromat	9·7
5	Sublimiertes Bleiblau	9·6
4	Sublimiertes Bleiweiß	9·5
49	Zink- und Bleichromat	9·5
39	Zinkchromat	9·4
12	Hellrotes Oxyd	9·3
44	Preußischblau I	9·2
16	Natürlicher Graphit	9·1
9	Mineral-Orange (amerik.)	9 0
36	Mittel-Chromgelb	9 0
2	Bleiweiß (Schnellverfahren)	8·9
20	Weidenholzkohle	8·8
45	Preußischblau II	8·8
1	Bleiweiß (holländ. Verfahren)	8·7
10	Bleimennige	8·7
7	Zink-Bleiweiß	8 0

[1]) H. A. Gardner, Technologie und Prüfung von Farben, McGraw-Hill Book Co. (1911), S. 220.

Digitized by Google

Es ist interessant, mit der Tabelle 2 des obenstehenden Berichtes die Tabelle 2 des Berichtes 1910 vom Ausschuß A 5 des Amerikanischen Verbandes für Materialprüfungen der Technik zu vergleichen. Beide Tabellen weisen eine merkliche Majorität für die außerordentlich schützende Wirkung von Bleiverbindungen auf.

Gegenwärtiger Zustand der Stahlplatten.

Eine neuere Besichtigung der Platten zeigte, daß die Bleiweißüberzüge stark verkalkt sind und Rostbildung zeigen. Die Zinküberzüge sind stark angegriffen und geborsten. Die sublimierten Bleiweiß- und Bleiblauüberzüge waren in gutem Zustande und wiesen auf den Wert dieses basischen Farbstoffes als Stahlschutzmittel hin. Die Bleimennigeüberzüge, die dem Metall, auf das sie aufgetragen waren, guten Schutz gewährten, zeigten auf der Oberfläche einen leichten Überzug von Bleikarbonat, der von der Einwirkung der Kohlensäure der Atmosphäre herrührt. Die Eisenoxydüberzüge waren alle in recht guter Verfassung. Die Graphit- und Rußanstriche waren an einigen Stellen narbig und zeigten Rostauswüchse. Die indifferenten Farbstoffe, wie: Baryt, Kreide, Kieselsäure und Asbest, taten kurze Zeit sehr gute Dienste, aber dann schritt der Zerfall in den meisten Fällen sehr schnell vor. Die mit Chromatfarbstoffen gestrichenen Platten waren in fast allen Fällen in vorzüglichem Zustande. Dies war besonders bei den Platten zu bemerken, die mit Zinkchromat, basischem Bleichromat (American-Vermilion) und Chromgrün gestrichen waren. Die Oberflächen dieser Anstriche waren nicht merklich verkalkt, zerstört oder abgeblättert und die Proben durchweg frei von Angriff.

Prüfungen in Havre de Grace.

Während des Jahres 1905 wurde eine Reihe von 50 Anstrichfarben, die im amerikanischen Handel vorkamen, sorgfältig auf Stahlplatten aufgetragen und letztere auf der Pennsylvaniabrücke aufgestellt, die in Havre de Grace Md. über den Susquehannafluß führt. Diese Prüfungen wurden unter Leitung des Ausschusses D 1 des Amerikanischen Verbandes für Materialprüfungen durchgeführt. Die Zusammensetzung der Anstrichfarben war unbekannt, bis sie nach ihrer Anwendung von Mitgliedern des Ausschusses analysiert wurden.[1]) Die Resultate der Analysen zeigten, daß die Farben

[1]) Proc. Amer. Soc. Test. Mat., VIII, 165 (1908).

Digitized by Google

aus einer großen Reihe von Farbstoffen und Bindemitteln zusammengesetzt waren. Die meisten waren Mischungen von verschiedenen Arten von Farbstoffen, Ölen, Firnissen und Verdünnungsmitteln. Einzelne Anstriche waren über besonders präparierten Erstanstrichen angewandt, während andere ohne Verschiedenheiten der verschiedenen Lagen benutzt waren. Mit denselben Anstrichen, die für die Platten benutzt waren, wurden auch verschiedene Teile der Brücke gestrichen.

Jedes Jahr wurden Besichtigungen der Platten vorgenommen, über die von Zeit zu Zeit berichtet wurde. Die erste ausführliche Beschreibung, bei der über den Zustand jeder einzelnen Platte berichtet wurde, wurde 1911 vorgenommen[1]). Die Resultate der Besichtigung schienen anzudeuten, daß mit einer Ausnahme keine besonders große Verschiedenheit im Zustande der Anstrichoberfläche zu bemerken war. Die meisten haben recht gute Dienste geleistet, wenn man die Zeit der Exponierung in Betracht zieht. Die erwähnte Ausnahme ist ein Anstrich, der aus 100prozentigem Kohlenfarbstoff gemacht ist und die Prüfungsnummer 15 trägt. Die sehr niedrige Bewertung, die dieser Platte zuteil wurde, war das Resultat der einmütigen Ansicht der Inspektoren. Die einzigen anderen Anstriche, in denen 100% eines Farbstoffes enthalten waren, trugen die Nummern 10 und 11. In beiden war der Farbstoff Bleimennige. Diese beiden Anstriche befanden sich bei jeder Besichtigung in sehr gutem Zustande und erhielten bei der letzten Besichtigung eine hohe Durchschnittsbewertung.

Die Resultate der Havre-de-Grace-Prüfungen sind dem Amerikanischen Materialprüfungs-Verbande mitgeteilt worden, und die Berichte sind in den Mitteilungen vereffentlicht worden, so daß es nicht nötig ist, sie an dieser Stelle zu wiederholen. Es verdient hervorgehoben zu werden, daß die Vorbereitung der Oberflächen und das Anstreichen sämtlicher Platten der Havre-de-Grace-Prüfungen sehr sorgfältig ausgeführt wurden. Das ist vielleicht der Grund für den hohen Durchschnittswert, der bei diesen Prüfungen festgestellt wurde.

Anstrich-Bindemittel und ihr Schutzwert.

Die letzte mangelhafte Flachsernte und die daraus herrührende Preissteigerung für Leinsamenöl hat die Fabrikanten veranlaßt,

[1]) Proc. Amer. Soc. Test. Mat., VIII., 165 (1911).

Digitized by Google

andere Öle zu verwenden, die langsam oder halb trocknen. Eine Reihe sehr sorgfältiger Anstrichproben mit verschiedenen Ölen wird augenblicklich im Institute of Industrial Research in Washington ausgeführt. Solange bis abschließende Resultate dieser Prüfungen vorliegen, wird voraussichtlich Leinsamenöl als Farbträger für die wertvollsten Anstrichfarben weiter benutzt werden. Eine Mischung, die sich bei der Prüfung bewährt hat, besteht aus schwerem, geblasenem Leinsamenöl und Soyabohnenöl zu gleichen Teilen. In gewissen Fällen gibt der Zusatz von Chinaholzöl zu einer solchen Mischung einen glänzenderen und härteren Überzug. Es ist geltend gemacht worden, daß ein Zusatz von Menthadiaöl ratsam ist, wenn die Anstriche der Feuchtigkeit ausgesetzt werden sollen. Der Prozentsatz von Stearaten, der sich in dem Öl von Seetieren findet, wirkt abschließend gegen Feuchtigkeit. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß Friend[1]) kürzlich festgestellt hat, daß der Zusatz von $^1/_2$% Paraffin zu einem Anstrichöl dem Öl hervorragend wasserabhaltende Eigenschaften verleiht. Bei seinen Prüfungen präparierte er eine Reihe von Überzügen mit einem solchen Öl, und fand, daß ihre wasserausschließende Fähigkeit 50% höher war als von solchen Überzügen, die kein Paraffin enthielten. Tatsächlich sind Paraffin, Carnaubawachs und andere gegen Wasser widerstandsfähige Materialien dieser Art seit mehreren Jahren in den Vereinigten Staaten in der Fabrikation von Anstrichfarben zum Schutze von Eisen und Stahl benutzt worden. Die Ergebnisse von Friends Untersuchungen bestätigten also nur die gegenwärtige praktische Erfahrung verschiedener Fabrikanten. Einige Autoritäten machen jedoch darauf aufmerksam, daß Anstrichfarben, die Wachs enthalten, gefährlich zu benutzen sein sollen, weil sie beim Trocknen flache Beschaffenheit annehmen und beim Erhitzen erweichen. Friend faßt in seiner Monographie die Resultate seiner Untersuchungen folgendermaßen zusammen:

Ein geeigneter Anstrich zum Schutze von Metallteilen sollte sich zusammensetzen aus einem geeigneten Farbstoff in inniger Verbindung mit einem flüssigen Bindemittel, das in den folgenden Einzelheiten ausgezeichnet sein muß:

1. Chemische Beständigkeit.
2. Chemische Indifferenz gegen Eisen.

[1]) Iron and Steel Inst. Carnegie Scholarship Memoirs, VII., 1 (1911).

Digitized by Google

3. Widerstandsfähigkeit gegen äußere Verletzungen.
4. Undurchlässigkeit für Luft und Feuchtigkeit.
5. Elastizität.

Während wir uns diesen Schlußfolgerungen ruhig anschließen können, scheinen doch die Untersuchungen der letzten Jahre darauf hinzuweisen, daß wir etwas anderes vielleicht als Wichtigstes an erste Stelle setzen sollten, nämlich die hemmende Fähigkeit des Farbstoffes, denn wenn dieser Punkt berücksichtigt wird, tritt die Bedeutung der anderen Eigenschaften ziemlich zurück. Kleine Poren oder Abschürfungen des Schutzanstriches spielen natürlich eine geringere Rolle, wenn ein rostverhindernder Vorgang durch den Farbstoffteil des Bindemittels bewirkt wird.

Die einzige andere erwähnenswerte Arbeit, die der Berichterstatter ausfindig machen konnte, ist die experimentelle Arbeit über Anstrichfarben für Schiffsrümpfe, die von dem United States Navy Department ausgeführt worden ist. Angesichts der Tatsache, daß praktisch keine Ölfarben in zurzeit gültigen Lieferungsbedingungen benutzt werden, ist dies von Interesse[1]). Der Anstrich besteht aus einem Firnisbindemittel aus Schellack in Alkohol, mit Zusatz von kleinen Prozentsätzen von Terpentin und Kiefernteeröl. Der Farbstoff für den zerfallhemmenden Anstrich besteht aus trockenem metallischem Zinkstaub und trockenem weißem Zinkoxyd. Die genauen Bestandteile zur Herstellung von 10 Gallonen dieses zerfallhemmenden Anstriches sind folgende:

$7^1/_4$ Gallonen Korn-Alkohol,	$^3/_5$ Gallonen Kiefernteeröl,
$7^9/_{10}$ Pfund Schellack,	$9^1/_2$ Pfund metallisches Zink, trocken,
$^3/_5$ Gallonen Terpentin,	$28^1/_2$ Pfund weißes Zinkoxyd, trocken.

Der Farbstoff für den Schutzanstrich besteht aus trockenem weißem Zinkoxyd, Indischrot und rotem Quecksilberoxyd. Die genauen Bestandteile zur Herstellung von 10 Gallonen des Schutzanstriches sind folgende:

6 Gallonen Korn-Alkohol,	$13^3/_4$ Pfund weißes Zinkoxyd, trocken,
$13^3/_4$ Pfund Schellack,	$13^3/_4$ Pfund Indischrot,
1 Gallone Kiefernteeröl,	$4^3/_4$ Pfund rotes Quecksilberoxyd, trocken.
1 Gallone Terpentin,	

Es ist festgestellt worden, daß beim auf Dock bringen der Kriegsschiff-Flotte 1909 diese Anstrichformen mit den gebräuchlichen Typen von Anstrichen gute Resultate ergeben hatten.

[1]) United States Naval Inst. Proceed. Nr. 138, Juni 1911, Bd. **37**, Nr. 2.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIV 2

BERICHT ÜBER FARBPRÜFUNGEN.

Von

P. Labordère,
Ingénieur des Ponts et Chaussées

und

F. Anstett,
Vorsteher der städtischen Materialprüfungsanstalt, Paris.

(Übersetzt von F. Willy und Aenne Hinrichsen, Berlin.)

Die Wichtigkeit des Anstriches von zahlreichen Baustoffen zum Schutze gegen zersetzende Einflüsse lenkt das allgemeine Interesse auf die Auffindung einer Methode, die es erlaubt, die Qualität solcher Produkte zu ermitteln. Auch hat man sich seit langen Jahren damit beschäftigt, ein einfaches und schnelles Mittel zu finden, um auf Grund von Laboratoriumsversuchen den Wert der Anstrichfarben zu beurteilen.

Die chemische Prüfung, die zwar notwendig ist, um etwaige Fälschungen aufzudecken, kann nicht genügen, weil man ganz verschiedenartige Anstriche in der Praxis vergleichen muß.

Man muß unbedingt mechanische Prüfungen zu Hilfe nehmen.

Die Forschungen, die bis jetzt noch kaum ein positives Resultat ergeben haben, schienen uns interessant genug, um ihnen neue Versuche zu widmen.

Auf den beiden letzten Kongressen des Internationalen Verbandes für Materialprüfungen sind Berichte über die Frage erstattet worden, und zwar von M. Ebert (Brüssel 1906) und M. Camerman (Kopenhagen 1909). Beide kamen zu dem Schluß, daß man nach der Ungenauigkeit der erhaltenen Resultate noch lange nicht auf die Auffindung der gewünschten Verfahren hoffen kann.

Die Versuche, die in letzter Zeit von dem Amerikanischen Verband für Materialprüfungen gemacht wurden, haben ebenso

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIV 2

BERICHT ÜBER FARBPRÜFUNGEN.

Von

P. Labordère,
Ingénieur des Ponts et Chaussées

und

F. Anstett,
Vorsteher der städtischen Materialprüfungsanstalt, Paris.

(Übersetzt von F. Willy und Aenne Hinrichsen, Berlin.)

Die Wichtigkeit des Anstriches von zahlreichen Baustoffen zum Schutze gegen zersetzende Einflüsse lenkt das allgemeine Interesse auf die Auffindung einer Methode, die es erlaubt, die Qualität solcher Produkte zu ermitteln. Auch hat man sich seit langen Jahren damit beschäftigt, ein einfaches und schnelles Mittel zu finden, um auf Grund von Laboratoriumsversuchen den Wert der Anstrichfarben zu beurteilen.

Die chemische Prüfung, die zwar notwendig ist, um etwaige Fälschungen aufzudecken, kann nicht genügen, weil man ganz verschiedenartige Anstriche in der Praxis vergleichen muß.

Man muß unbedingt mechanische Prüfungen zu Hilfe nehmen.

Die Forschungen, die bis jetzt noch kaum ein positives Resultat ergeben haben, schienen uns interessant genug, um ihnen neue Versuche zu widmen.

Auf den beiden letzten Kongressen des Internationalen Verbandes für Materialprüfungen sind Berichte über die Frage erstattet worden, und zwar von M. Ebert (Brüssel 1906) und M. Camerman (Kopenhagen 1909). Beide kamen zu dem Schluß, daß man nach der Ungenauigkeit der erhaltenen Resultate noch lange nicht auf die Auffindung der gewünschten Verfahren hoffen kann.

Die Versuche, die in letzter Zeit von dem Amerikanischen Verband für Materialprüfungen gemacht wurden, haben ebenso

Digitized by Google

wenig zu praktischen Schlüssen geführt. Der Ausschuß, der sich aus Fabrikanten und Verbrauchern zusammensetzte, wurde 1902 von diesem Verband ernannt. Ihre Aufgabe war es, die Frage der Prüfung von Materialien zu studieren, die geeignet sind, Eisen und Stahl vor Rost zu schützen. Der Ausschuß hatte einige sinnreiche Ideen, über die in dem Berichte $XVII_2$ des Kongresses in Kopenhagen berichtet worden ist. Er scheint aber seine Arbeiten unterbrochen zu haben, ohne eine praktische Schlußfolgerung formuliert zu haben.

Die Frage war daher fast neu. Es mußte ebensowohl die Herstellung der Proben festgesetzt werden, wie die Art der Prüfung, der sie unterworfen werden sollten.

I. Herrichtung der Proben.

Die erste Schwierigkeit, die von allen Forschern konstatiert wurde, ist der starke Einfluß, den die Unterlage auf den Farbstoff ausübt.

Die Substanz, aus der diese Unterlage besteht und die notwendigerweise starr und widerstandsfähig sein muß, zum mindesten in demselben Grad wie das Farbhäutchen, spielt bei den Experimenten tatsächlich eine Rolle, die sich nicht von der des Farbstoffes trennen läßt. Wie soll man unter diesen Umständen irgendeine Eigenschaft des letzteren messen, sei es Kohäsion, Dehnbarkeit oder Durchlässigkeit.

Man muß unbedingt, und der amerikanische Ausschuß von 1902 hat das schon eingesehen, das Farbhäutchen von seiner Unterlage isolieren.

Die Proben, die der Prüfung zu unterwerfen wären, müßten also Farbblättchen, von jeder Unterlage losgelöst, sein.

Man muß nur eine Methode ausarbeiten, um sich diese Blättchen zu verschaffen, sie den gleichen Bedingungen, wie sie sich in der Praxis finden, aussetzen, und sie untereinander vergleichen.

Es ist praktisch unmöglich, eine Farbschicht ohne Unterlage herzustellen. Man muß also die Farbschicht auf eine provisorische Unterlage bringen, und diese dann verschwinden lassen.

1. Beschaffenheit der Unterlage. Wir hatten zuerst daran gedacht, ein Blatt aus Zinn zu benutzen, welches wir in Quecksilber auflösen wollten, nachdem es die Farbe aufgenommen hätte.

Digitized by Google

Diese Arbeitsweise zeigt aber einige Übelstände, die ihre Anwendung sehr unpraktisch machen.

Das Zinn muß in Blättchen verwendet werden, die so dünn wie möglich sein müssen, damit sie im Quecksilber rasch löslich sind. Wir haben daher Blättchen angewendet, oder besser gesagt „Stanniolpapier" von $^1/_{50}$ mm Dicke. Es ist jedoch sehr schwer, diese Blättchen so auszubreiten, daß man eine vollkommen glatte Fläche erhält. Es bilden sich immer zwischen dem Zinnblättchen und der darunterliegenden Platte Luftbläschen, die sich nur nach langer und minutiöser Arbeit entfernen lassen. Und sehr oft zerreißt das Blatt an mehreren Stellen und das Resultat des Versuches ist zerstört.

Ferner braucht man, um das Zinn im Quecksilber zu lösen, eine um so längere Zeit, je langsamer das Quecksilber sich mit Zinn sättigt. Es ist daher notwendig, um die Operationen nicht zu sehr in die Länge zu ziehen, das angewendete Quecksilber häufig zu erneuern, was sehr lästig ist. Außerdem ist es nicht sicher, ob das Quecksilber keinen Einfluß auf den Anstrich hat, wenn man es stundenlang mit ihm in Berührung läßt.

Wir haben daher, um die vorerwähnten Unannehmlichkeiten zu vermeiden, versucht, eine vollständig glatte Oberfläche herzurichten, auf die wir einen wasserlöslichen Überzug brachten, auf den die Farbe gestrichen wurde. Die Abtrennung der Farbschicht ist dann durch einfaches Eintauchen ins Wasser leicht zu bewerkstelligen.

Um eine ganz glatte Unterlage zu erhalten, haben wir uns einfach eines Zeichenpapieres bedient, das auf die gewöhnliche Weise der Zeichner auf ein Brett gespannt wurde, indem es vor dem Aufspannen angefeuchtet wurde.

Für den Überzug haben wir gleichzeitig Gelatine- und Zuckerlösungen ausprobiert.

Die Gelatinelösung könnte benutzt werden, aber sie zeigt einen großen Übelstand: da sich die Gelatine nur sehr langsam im Wasser löst, muß man, um die Ablösung des Farbhäutchens herbeizuführen, die mit Farbe bedeckten Papiere mindestens 24 Stunden lang im Wasser lassen. Und dieser Aufenthalt kann natürlich nicht ohne schädlichen Einfluß auf die Farbe sein.

Die Zuckerlösung hat dagegen sehr gute Resultate ergeben, und wir haben schließlich diese Arbeitsweise angenommen.

Digitized by Google

Wir haben also ein ganz glattes Brett herstellen lassen. Um die durch Feuchtigkeit entstehenden Wellungen zu vermeiden, ist das Brett aus drei gegeneinander fournierten Eichenholzschichten hergestellt, d. h. so, daß die Maserungen im rechten Winkel zueinander liegen. Diese Schichten sind so geleimt und festgeschraubt, daß man die größtmögliche Festigkeit erhält.

Auf diesem Brett breitet man ein vorher angefeuchtetes Zeichenpapier aus. Man befestigt es an allen vier Seiten des Brettes mit Hölzern, die sich in die äußeren Rillen einfügen. Wenn man sich überzeugt hat, daß das Blatt nach dem Trocknen vollständig glatt ist, trägt man mit einem Pinsel eine 25prozentige Zuckerlösung auf. Um sicher zu sein, daß man einen gleichmäßigen Überzug hat, kann man dieses Verfahren noch einmal wiederholen. Dann läßt man bei gewöhnlicher Temperatur trocknen.

2. Aufbringen der Farbe. Um die Farbhäutchen, die bei den verschiedenen Untersuchungen benutzt werden, miteinander vergleichen zu können, ist es wichtig, daß ihre Dicke absolut gleich ist, wenigstens während des Auftragens, denn der Forscher hat keine Gewalt über die Verkleinerung der Dicke während des Trocknens. Tatsächlich ist es die Dicke, die einen Farbstoff charakterisiert, denn man bemüht sich, bei der Verwendung immer möglichst gleichmäßige Dicke zu erzielen, wie auch immer die Dichtigkeit des verwendeten Materiales sei.

Man könnte sich nicht auf die Geschicklichkeit des Arbeitenden verlassen, der je nach der Natur des angewandten Erzeugnisses sehr verschiedene Dicken erhalten würde. Dagegen gelingt es, auf folgende Weise zum gewünschten Ziele zu gelangen:

Man bestimmt zuerst sehr genau die Dichte der zu prüfenden gebrauchsfertigen Farbe; dann läßt sich unmittelbar das Gewicht der Farbschicht bestimmter Dicke auf der Oberfläche des Trägers berechnen. Wir benutzen bei unseren Versuchen ein Blättchen von 0·60 : 0·60 m und eine Dicke von 0·1 mm entsprechend der mittleren Dicke einer gewöhnlichen Farbauflage.

Man wägt auf einer auf Gramm empfindlichen Wage das Gefäß mit der Farbe und dem Pinsel. Man trägt die Farbschicht so gleichmäßig wie möglich auf und wägt das Gefäß und den Pinsel von Zeit zu Zeit, bis der Gewichtsverlust dem Gewicht der aufzutragenden Schicht entspricht.

Digitized by Google

Nach einigen Versuchen gelangt man leicht zu diesem Ziel.

Um einen sehr gleichmäßigen Anstrich zu erhalten, muß man den Pinselstrich über das ganze Blatt hin parallel führen. Dann wiederholt man dieses Vorgehen, aber senkrecht zum ersten Anstrich. Man streicht drei- bis viermal, bis der gewünschte Durchmesser erreicht ist.

Man muß nur darauf achten, daß in jeder Richtung die gleiche Anzahl von Anstrichen erfolgt.

Die Vorversuche haben jedoch gezeigt, daß ein so erhaltenes Farbhäutchen von $^1/_{10}$ mm zu wenig widerstandsfähig war, um leichtes Experimentieren zu ermöglichen.

Wir haben uns daraufhin entschlossen, das Versuchshäutchen aus zwei aufeinander gelagerten Schichten von je $^1/_{10}$ mm herzustellen. Das zweite wurde auf das erste aufgetragen, und zwar nach einem Zeitraum, der genügte, um das erste trocknen zu lassen (3 Tage), bevor das zweite aufgestrichen wurde.

Dann läßt man das Ganze trocknen.

Es ist wichtig, daß das Trocknen unter gleichmäßigen Bedingungen vor sich geht. Wir haben die Temperatur von 15 bis 18° angenommen, in trockener Luft und gegen direkte Sonnenstrahlen geschützt.

3. Ablösung des Häutchens. Die Ablösung des Häutchens darf erst vorgenommen werden, wenn es vollständig trocken ist. Es zerreißt sonst oder verändert seine Form doch so, daß der Versuch ungünstig beeinflußt wurde.

Es ist jedoch nicht leicht, den Zeitpunkt zu bestimmen, wo die Austrocknung genügt.

Wir haben noch kein praktisches Mittel gefunden, um genau festzustellen, wann die Oberfläche des Anstriches vollkommen trocken ist. Sicher kann man aber für alle Versuche vergleichbare Bedingungen herstellen, wenn man durchweg nach sechs Tagen die Ablösung vornimmt. Diese Zeit ist länger, als irgendeine gute Farbe zum Trocknen braucht, selbst wenn man, wie wir es getan haben, den Augenblick, als die erste Farbschicht aufgetragen wurde, als Ausgangspunkt wählt, trotzdem die oberen Farbschichten, die der Luft ausgesetzt sind, schneller trocknen, als die unteren Schichten des Häutchens.

Nach Ablauf der oben angegebenen sechs Tage schneidet man das mit Farbe bestrichene Papier genau in 0·05 m breite und

Digitized by Google

0·30 m lange Streifen in der Richtung des zuletzt aufgetragenen Anstriches. Dann schneidet man jeden Streifen in der Mitte durch, so daß man schließlich 44 Streifen von 0·15 m : 0·05 m erhält.

Jeder Streifen wird in ein Gefäß getaucht, in dem Wasser von 15° C sich befindet. Nach 10 Minuten nimmt man sie heraus und die Häutchen lösen sich dann leicht ab. Diese sind es, die die Proben darstellen. Man legt sie flach auf Fließpapier, die innere Fläche nach oben, damit die Farbe noch vollständig trocknen kann. Dann wäscht man diese Fläche mit einem sehr weichen Schwamm mit Wasser von 15°, um Reste von Zuckerlösung, die etwa noch an ihr kleben könnten, zu entfernen.

Man läßt 24 Stunden trocknen, und dann sind die Proben für die Versuche bereit.

II. Auszuführende Versuche.

Nun ist die Frage, welche Versuche ausgeführt werden müssen, um eine Klassifizierung der Farben aufzustellen, und wenigstens annähernd festzustellen, welche in der Praxis die besten Resultate liefern würden.

Man verlangt von einem Anstrich, daß er das unterliegende Material unter allen Umständen erfolgreich schützt. Dazu muß er folgendermaßen beschaffen sein:

zäh und elastisch, um nicht unter dem Einflusse von Einschrumpfung und Ausdehnung der Unterlage oder von Stößen zu bersten;

undurchlässig, in möglichst hohem Grade für die Substanzen, die die Unterlage angreifen könnten, besonders für Wasser;

widerstandsfähig schließlich, so weit wie möglich gegen physikalische oder chemische Einwirkungen auf die Farbe selbst (Feuchtigkeit, Temperaturschwankungen, saure Dämpfe, besonders schweflige Säure, die bei der Verbrennung gewisser Kohlen entsteht, endlich noch gegen Schwefelwasserstoff).

Die Versuche müssen diese verschiedenen Eigenschaften erkennen lassen.

1. Zähigkeit. Wir haben als Maßstab für die Zähigkeit die Zugfestigkeit des — wie oben beschrieben — vorbereiteten Häutchens gewählt. Diese Größe ist leicht zu messen.

Digitized by Google

Der zur Prüfung angewandte Apparat besteht nur aus zwei Klammern, welche die Ränder des Häutchens packen. Die eine ist an einem festen Haken aufgehängt und die andere trägt ein Gefäß, in das man solange feine Schrotkörner schüttet, bis das Häutchen reißt. Wenn man sowohl das Gefäß wie die untere Klammer wiegt, erhält man das gesamte Zerreißgewicht. Für Häutchen von $^2/_{10}$ mm Durchmesser sind die Zerreißgewichte schon hoch genug, um ganz gut die Festigkeit der verschiedenen Anstriche zu unterscheiden, oder auch die Festigkeit von verschiedenen aus demselben Farbstoff hergestellten Häutchen, die auf verschiedene Weise behandelt wurden.

Z. B. ein Häutchen aus Ripolin (Lackfarbe, zusammengesetzt aus Zinkweiß, Leinöl, Essenz und Gummiharzen) hat ein Zerreißgewicht von 5·115 kg bei einer Breite von 0·05 m ergeben.

Wir besitzen also eine Arbeitsweise, die es uns erlaubt, die Farbe selbst zu prüfen und ihre Festigkeit genau zu messen.

Es zeigte sich nur eine technische Schwierigkeit. Es mußten Klammern hergestellt werden, die das Häutchen gut festhielten, ohne es zu zerreißen.

Wir haben dieses Ziel erreicht, indem wir jede Klammer aus einem kleinen Aluminium-Zylinder von 0·01 m Durchmesser herstellten, der durch eine senkrechte Ebene in zwei kompakte Hälften geteilt wurde. Der Rand des Häutchens wird zwischen diese beiden Halbzylinder gebracht, die dann durch zwei Schraubenmuttern mit leicht konischer Öffnung zusammengepreßt werden, die an jedem Ende des Zylinders auf eigens für sie geschnittene Stücke aufgeschraubt werden. Dann wird das Häutchen einmal um den Zylinder gewickelt, der dann an seinen beiden Enden so an einen Bügel gehängt wird, daß er sich nicht drehen kann.

Die praktische Länge der Proben zwischen den Öffnungen der beiden Zylinder, in die sie eingespannt sind, wird gleichmäßig auf 7 cm festgesetzt.

Bei gewissen Farben, denen jede Elastizität fehlt und die deshalb nicht gerollt werden können, begnügt man sich damit, das Häutchen zwischen die beiden Klammern zu spannen. Man wendet zwischen diesen dieselbe praktische Länge von 7 cm an.

Die beiden Bügel sind am gebogenen Teile so aufgehängt, einerseits an dem festen Stützpunkt, andererseits an dem Schrot-

Digitized by Google

gefaß. daß es ihnen möglich ist, stets parallel zu hängen, so daß die Zugkraft an allen Punkten des Häutchens dieselbe ist.

Infolge dieses Vorgehens haben wir es erreicht, daß das Häutchen immer annähernd in der Mitte gerissen ist. Und zwar unter ziemlich gleichen Belastungen für verschiedene Häutchen desselben Materiales.

2. Elastizität. Man hätte daran denken können, bei dem vorigen Versuch die Verlängerung des Häutchens beim Anhängen von ansteigenden Gewichten vor dem Zerreißen zu messen. Man hätte dazu aber einen sehr feinen Apparat haben müssen.

Wir haben es vorgezogen, zu einem Falzversuch zu greifen. Eine gefaltete Probe wird zwischen zwei harte, glatte, horizontale Flächen gebracht, z. B zwei Glasplatten. Die untere liegt auf einem Tisch, die obere wird mit zunehmenden Gewichten beschwert. Man stellt das Gewicht fest, bei dem das Häutchen in der Falzlinie bricht.

3. Durchlässigkeit. Man stellt einen Zylinder von gegebener Höhe, z. B. 10 cm, auf die Probe, und hält ihn mit Wasser gefüllt. Dann mißt man die Menge Wasser, die in einer gegebenen Zeit das Häutchen durchdringt.

Zu diesen beiden Versuchen benutzten wir keine besonderen Proben, sondern die Stücke, die bei der Zugfestigkeitsprüfung zerrissen waren. Die Erfahrung hat gezeigt, daß diese Stücke nach den erwähnten Richtungen dieselben Eigenschaften aufwiesen, wie neue Proben.

Wir sind auch überzeugt, daß man die Zugproben ebensogut mit den zerrissenen Stücken der Probe hätte wiederholen können, ohne daß die Ergebnisse sich verändert hätten. Wir haben es jedoch vorgezogen, um jeder Kritik zu entgehen, alle Zugversuche mit Proben von gleicher Länge auszuführen.

4. Widerstandsfähigkeit gegen chemische und physikalische Einflüsse. Man kann nicht daran denken, alle Einflüsse dieser Art, die in Wirklichkeit vorkommen, einwirken zu lassen.

Wir haben diejenigen gewählt, die am wichtigsten und am charakteristischesten sind: Feuchtigkeit, Wärme und Schwefligsäureanhydrid.

Um die Angreifbarkeit des Anstriches durch diese Einflüsse zu messen, haben wir auf die ähnlich wie vorher vorbereiteten Proben,

Digitized by Google

vor und nach der zerstörenden Einwirkung die Arbeitsweisen angewendet, die wir bei den oben beschriebenen Messungen der Zähigkeit, Elastizität und Durchlässigkeit befolgt hatten.

Die zerstörenden Einflüsse haben sich in folgender Weise geltend gemacht.

Feuchtigkeit: Um die Einflüsse anhaltender Feuchtigkeit zu verstärken und um die Ergebnisse schnell feststellen zu können, die sich in der Praxis nur nach sehr langer Zeit zeigen, haben wir die Versuchshäutchen ganz in Wasser von 15° eingetaucht.

Die Häutchen wurden in ein mit Wasser gefülltes Gefäß gehängt, und zwar so, daß sie keine Falten bekamen.

Wärme: 4 Häutchen wurden in einem Heißluft-Trockenschrank aufgehängt, dessen Temperatur Tag und Nacht auf 50° erhalten wurde.

Schwefligsäureanhydrid: 4 Häutchen wurden in einem Gefäß aufgehängt, durch das ein Strom von Schwefligsäureanhydrid geleitet wurde.

Die Ergebnisse der bis jetzt gemachten Versuche geben wir später im einzelnen. Das Hauptziel dieser Versuche war, uns über die normalen Zustände klar zu werden, die wir den vergleichenden Versuchen zugrunde legen sollten. Wir haben die Zerreißversuche nicht zur Feststellung bestimmter Werte vorgenommen.

Verwendung der Proben.

Wir glauben, daß man folgende Arbeitsweise anwenden kann: Man stellt für jede Farbe 44 Proben von 0·15 m Länge und 0·45 m Breite auf. Sie sollen auf folgende Weise verwendet werden:

12 Proben, die als Vergleichmaterial dienen, werden in trockener Luft von 15 bis 18° aufbewahrt. Sie werden auf Zerreißfestigkeit geprüft.

Vier 14 Tage alte Proben, d. h. 6 Tage nach Ablösung des Häutchens,

vier 21 Tage alte Proben, endlich

vier 28 Tage alte Proben werden in gleicher Weise geprüft.

Diese Zeitdauern scheinen, zufolge den Ergebnissen der bereits gemachten Versuche, hinreichend, um die Unterschiede zwischen den einzelnen Anstrichen erkennen zu lassen. Es ist vor allem wichtig, die Versuchsdauer möglichst abzukürzen, um die

Digitized by Google

1. Reihe: „Ripolette".

Dichte: 1·619.

Bei diesem ersten Versuch ist das Häutchen aufgetragen worden, ohne auf die angewandte Menge Rücksicht zu nehmen. Unser Zweck bestand in diesem Stadium unserer Versuche darin, überhaupt die Möglichkeit der Herstellung der Häutchen zu untersuchen.

Die Dicke der Schicht erreichte 0·12 mm.

Ergebnisse der Zerreißversuche.

(Gesamtlast, die bei einer Breite der Proben von 0·05 m zum Reißen führte.)

Alter der Proben im Augenblicke der Versuche	Proben in Luft bei 15—18° aufbewahrt	Proben, der Einwirkung von Feuchtigkeit ausgesetzt	Proben in warmer Luft bei 50°	Proben in Schwefeldioxyd
7 Tage .	0·672 kg 0·651 „ 0·644 „	Häutchen 14 Tage in Luft, 14 Tage in Wasser von 15°	Häutchen 14 Tage in Luft, 14 Tage in warmer Luft bei 50°	Häutchen 14 Tage in Luft, 2 Tage in schwefliger Säure
16 Tage .				Bruchlast: 0·179 kg 0·339 „
28 Tage .	0·945 kg 0·882 „ 1·070 „ 0·885 „ 1·242 „	0·392 kg[1] 0·410 „	1·370 kg 1·435 „ 1·247 „ 1·392 „	Am 4. Tage der Einwirkung von SO_2-Proben unter Eigengewicht gerissen Breite 63 mm, Dehnung 26%
39 Tage .				37 Tage in Luft, dann 2 Tage in Schwefeldioxyd 0·570 kg 0·467 „ 0·695 „ 0·645 „
60 Tage .	1·390 kg 1·325 „			Am 8. Tage der Einwirkung von Schwefeldioxyd unter Eigengewicht zerrissen

[1]) Im Augenblicke des Versuches betrug die Breite des Häutchens 62 mm = 24% Dehnung.

Digitized by Google

2. Reihe: **Bleimennige.**

Dichte: 2·880.

Gesamtdicke der beiden Lagen 0·02 mm.

Ergebnisse der Zerreißversuche.

Alter der Proben	In Luft bei 15—18°	Feucht	In warmer Luft bei 50°	In schwefliger Säure
8 Tage .	0·748 kg 1·300 „ 1·455 „ 1·255 „	Häutchen 14 Tage in Luft, 15 Tage in Wasser	14 Tage in Luft bei 15°, 15 Tage bei 50°	14 Tage in Luft, dann in Schwefeldioxyd. Nach einem Tage Zerstörung des Häutchens und Reißen unter Eigengewicht
29 Tage .	1·310 kg 0·630 „ 1·950 „	Breite um 16% größer, Häutchen sehr zerbrechlich, reißt unter Last weniger Gramm	0·600 kg Nur ein Versuch ließ sich durchführen, Häutchen sehr zerbrechlich	14 Tage in Luft, 2 Tage in SO_2 Bruchlast: 0·629 kg 0·483 „ 0·895 „
31 Tage .		14 Tage in Luft, 18 Tage in Wasser, 2 Tage auf 50° erwärmt 1·252 kg 2·260 „		
40 Tage .		14 Tage in Luft, 15 Tage in Wasser, 11 Tage in Luft 0·737 kg 1·062 „		
51 Tage .		14 Tage in Luft, 15 Tage in Wasser, 22 Tage in Luft 1·040 kg 0·740 „		

Digitized by Google

3. Reihe: **Ripolin.**

Dichte: 1·600.

Gesamtdicke der beiden Lagen 0·215 mm.

Ergebnisse der Zerreißversuche.

Alter der Proben	In Luft von 15 – 18°	Feucht	In warmer Luft von 50°	In schwefliger Säure
11 Tage .	2·100 kg 2·600 „ 2·520 „			
		12 Tage in Luft, 2 Tage in Wasser bei 15°	12 Tage in Luft, 2 Tage bei 50°	12 Tage in Luft, 2 Tage in SO_2 Dehnung 20%
14 Tage .	2·860 kg 2·900 „	0·860 kg 1·860 „	2·190 kg 4·750 „ 4·700 „	0·590 kg 0·950 „
		12 Tage in Luft, 9 Tage in Wasser	12 Tage in Luft, 9 Tage bei 50°	Am 3. Tage in schwefliger Säure sind alle übrigen Proben unter Eigengewicht gerissen
21 Tage .	3·105 kg 1·865 „ 3·310 „	0·465 kg	5·095 kg 5·115 „	
		24% Dehnung. Nur ein Versuch gelang. Zusammenhang des Häutchens sehr gelockert		

Digitized by Google

Ergebnisse möglichst zu beschleunigen. 8 Proben werden 14 Tage an der Luft aufbewahrt, von dem Auftragen der ersten Farbschicht an gerechnet, dann in Wasser getaucht und durch Zerreißversuch geprüft, 4 Proben nach 7 Tagen und die anderen nach 14 Tagen Lagerung im Wasser oder auch in einem Alter von 21 und 28 Tagen.

8 Proben werden 14 Tage lang an der Luft aufbewahrt, dann einer mit Schwefligsäureanhydrid gesättigten Atmosphäre ausgesetzt und, wenn ihr Zustand es erlaubt, nach einer Lagerung von 7 und 14 Tagen in Schwefeldioxyd zerrissen oder erst in einem Alter von 21 und 28 Tagen.

Es bleiben:

8 Proben, die es ermöglichen, den einen oder anderen Versuch zu wiederholen, falls einer mißlingt.

Gesamtzahl: 44 Proben.

Ferner muß der Zeitpunkt, von dem aus man das Alter der Probe berechnet, genau festgesetzt werden. Als dieser Ausgangspunkt könnte der Augenblick festgesetzt werden, wo der erste Anstrich aufgetragen wird, analog zu dem, den man bei der Zementprüfung bereits durchgeführt hat.

Die Durchschnittswerte für alle Versuche sind aus drei Prüfungen berechnet, unter Auslassung des niedrigsten Wertes, als häufig unnormal.

Die Teile der Proben, die bei den Zerreißversuchen übrig bleiben, werden noch an demselben Tag, an dem diese Versuche stattfanden, zu den Prüfungen auf Elastizität durch Falzen und auf Undurchlässigkeit benutzt.

III. Ergebnisse.

Die praktisch verwendbaren Versuche sind noch sehr wenig zahlreich.

Sie erstrecken sich auf drei Anstriche:

„Ripolette", bestehend aus einem Gemisch von Leinöl, Terpentinessenz, Harzen und Zinkweiß,

„Bleimennige", verdünnt mit einem Gemisch von Leinöl und Essenz,

„Ripolin", von gleicher Zusammensetzung wie „Ripolette".

Man kann aus ihren Ergebnissen noch keine sehr weitreichenden Schlüsse ziehen. Um so weniger, als, wie bereits oben

Digitized by Google

bemerkt, diese Versuche bestimmt waren, die Arbeitsweisen zu studieren und daher nicht unter Bedingungen ausgeführt wurden, die eine genaue Vergleichung möglich machten.

Wir wollen sie trotzdem bringen, wenigstens die, die sich auf die Zähigkeit beziehen (Zugfestigkeit), deren Technik wir besser beherrschen.

Für die Versuche über Elastizität und Durchlässigkeit halten wir es für besser, noch eine Verbesserung der Arbeitsweise, die wir benutzen, abzuwarten.

Aus diesen Versuchen haben wir geschlossen, daß es ausreicht, die Versuche auf Proben der Altersstufen 21 und 28 Tage auszudehnen. Die Verschlechterung der Häutchen, die im Wasser und in schwefliger Säure aufbewahrt werden, schreitet von da an sehr schnell vorwärts. Man kann auch bemerken, wie sehr die Aufbewahrung in warmer Luft die Austrocknung des Anstriches beschleunigt und Erhärtung herbeiführt, die dem Altern der Farbe entspricht

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Materialien genügen, um sie leicht zu klassifizieren.

Wir beabsichtigen, unsere Versuche unter Anwendung zahlreicher Materialien weiter fortzusetzen und werden den Materialprüfungsverband über die erhaltenen Ergebnisse auf dem laufenden halten.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIV 3

DIE VOLUMENAUFFASSUNG BEI DER PRÜFUNG VON ANSTRICHMATERIALIEN.

Von **Gustave W. Thompson,** National Lead Co., Brooklyn, N. Y.

(Übersetzt von F. W. und A. Hinrichsen, Berlin.)

Die verschiedenen Eigenschaften, die ein Farbüberzug besitzt, sind zum großen Teil Funktionen des Volumverhältnisses seiner Bestandteile. Fragen des Gewichtes spielen eine verhältnismäßig geringe Rolle. Die Dicke einer Anstrichschicht und der dadurch bedingte Schutz, welchen sie der Oberfläche bietet, hängt lediglich von dem Volumen ab. Das gleiche gilt für den Grad der Verdampfung, die eintreten kann, d. h. der Verlust an Volumen (und Dicke), der durch die Verflüchtigung von Terpentin, Benzin usw. bedingt ist. Ebenso verhält es sich mit der Zusammenziehung oder Volumvergrößerung, die in letzter Linie durch die Oxydation des Leinsamöls oder eines anderen Bindemittels hervorgerufen werden können. Schließlich gilt das gleiche auch für die rein physikalischen Beziehungen zwischen Farbstoff und Farbträger. Es handelt sich hier um Volumenverhältnisse, die Frage des Gewichtes taucht höchstens als Teil einer bequemen Methode zur Bestimmung von Volumbeziehungen auf.

Wenn wir uns einen Topf Anstrichfarbe zubereitet haben, so ist die Rolle des Volumens unmittelbar klar. Der Raum, den die Farbe einnimmt, die Menge der Farbe, welche ein Pinsel aufnimmt, das Deckvermögen der Farbe, ihre Schutzwirkung und Haltbarkeit hängen sämtlich vom Volumen ab.

Allerdings werden die verschiedenen Anstrichmaterialien zum großen Teil nach Gewicht gekauft. Aber ihre wirkliche Fähigkeit,

Digitized by Google

Anstrichfarben zu liefern, hängt nicht von dem Gewicht ab, sondern von dem Volumen. Bei den meisten Vorgängen der Farbenherstellung ist die Gallone die Volumeneinheit. Leinsamöl wird meistens mit $7^1/_2$ engl. Pfund auf die Gallone gekauft, obschon die wirkliche Gallone 7·78 engl. Pfund hält. Terpentin wird nach der Gallone gekauft, aber die Gallone wiegt 7·16 engl. Pfund. Es ist daher einleuchtend, daß die Ergiebigkeit von Leinsamöl und Terpentin bei der Farbenbereitung nicht vom Gewicht, sondern vom Volumen abhängen.

Im Fall der Farbstoffe ist das vielleicht nicht so auffallend, aber es ist trotzdem ebenso zutreffend. Farbstoffe werden nach Gewicht gekauft, aber ihre Anwendbarkeit zur Anstrichbereitung beruht auf Volumverhältnissen. Der Einkauf von Farbstoffen nach Gewicht ist lediglich eine Sache der Bequemlichkeit. Was uns am meisten interessiert, ist die Frage, welche Menge von Farbe sie hervorbringen werden. Natürlich denken wir hierbei nur an die räumliche Menge der Farbproduktion, nicht an die Vorzüge, die von anderen Eigenschaften abhängen als denen des Volumens. Manchem fällt es sehr schwer, im Falle der Farbstoffe eine Volumenauffassung zu haben. Nimmt man ein Maß voll Farbstoff, so ist außer den Farbstoffteilchen die Luft anwesend, die die leeren Räume ausfüllt. Sie wissen, daß, wie fest auch die Zusammenpressung sein mag, es bei den meisten Farbstoffen so gut wie unmöglich ist, die Farbstoffteilchen so fest zu pressen, daß keine leeren Räume mehr vorhanden sind. Es ist einleuchtend, daß wir, wenn wir bei einem Maß voll Farbstoffe die leeren Räume entfernen könnten, das wirkliche Maß des Volumens des gegenwärtigen Farbstoffes erhalten würden. Wenn wir das Volumen eines ungleichmäßigen festen Körpers feststellen wollen, ist es nicht nötig, daß wir den Körper teilen und die Teile nach Längenmaß messen, sondern wir bringen ihn einfach in ein Gefäß von bekannter Größe und bestimmen den unausgefüllten Raum, indem wir ihn mit einer Flüssigkeit füllen, die dann von dem Inhalt des Gefäßes abgezogen wird. Das ist ein Teil der üblichen Methode zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes, worauf wir später zurückkommen werden. Bei der Feststellung des spezifischen Gewichts messen wir einfach das Volumen der Substanz, die wir prüfen, und dividieren das Gewicht durch das Volumen. Aber zuerst müssen wir das Volumen der Substanz bestimmen, was im allgemeinen keine schwierige Sache ist. Das trifft zu, ob die Substanz ein

Digitized by Google

einzelner Körper ist oder eine unendliche Summe von fein verteilten Teilchen wie im Falle des Farbstoffes.

Was wir zeigen möchten, ist die Auffassung, daß Anstrichfarben sich auf dem Volumen aufbauen. Diese grundlegende Auffassung ist unserer Ansicht nach notwendig beim Zusammensetzen von Farben. Wenn sie nicht stets im Auge behalten wird, entsteht unzweifelhaft ein großes Durcheinander.

Eine Phase dieses Gegenstandes muß jedoch aufgeklärt werden. Nehmen wir an, daß eine Farbe durch Mischen bestimmter Raumteile verschiedener Materialien, Farbstoff, Bindemittel und flüchtigen Verdünnungsmittel hergestellt ist, in welchem Grade stellt dann die erhaltene Menge Farbe die Summe der Volumina der verwendeten Materialien dar? Es wird von Physikern im allgemeinen zugegeben, daß das Gemisch von bekannten Volumen von relativ groben festen Körpern und Flüssigkeiten ein Volumen ergibt, das gleich der Summe der angewendeten Volumina ist, wenn nicht eine meßbare chemische Reaktion vorsichgegangen ist oder sich der feste Körper in der Flüssigkeit aufgelöst hat, oder umgekehrt. Wie weit ist dies anwendbar auf fein verteilte Substanzen wie Farbstoffe? Alle Erfahrungen, die wir besitzen, führen uns zu dem Schluß, daß das, was für grobe feste Körper gilt, auch für sehr feine feste Körper anwendbar ist, wenigstens in den Grenzen des praktisch Meßbaren und soweit es sich auf Farbenmischungen bezieht. Zahlreiche Versuche haben ergeben, daß z. B. eine Gallone trockenes Bleiweiß, die 55 engl. Pfund wiegt, und eine Gallone Leinsamöl gut gemischt, zwei Gallonen Farbe ergeben. Es ist möglich, daß etwas Luft nicht ausgetrieben wird, aber das ist im allgemeinen nicht der Fall. Es scheint keine Lösung des Farbstoffes im Öl stattzufinden oder des Öles im Farbstoff oder sonst irgendeine bemerkbare Verbindung der beiden, die leicht zu entdecken wäre. Das trifft so genau zu, daß, wenn wir das spezifische Volumen der Bestandteile und das spezifische Volumen der erhaltenen Farbe kennen, wir den Prozentsatz der Volumenzusammensetzung ausrechnen können. Bei gewissen Farbstoffen macht allerdings die Schwierigkeit, alle Luft aus dem Farbstoff zu entfernen, eine Modifikation unseres allgemeinen Schlusses nötig, nämlich die folgende: daß er nur anwendbar ist, wenn (wie das beim Altern fast jeder Farbe der Fall ist) die Luft, die in dem Farbstoff ursprünglich vorhanden war, vollständig entfernt ist.

Digitized by Google

Der erwähnte allgemeine Schluß gestattet weitere theoretische Anwendung. In einigen Fällen ist es möglich, daß das spezifische Volumen von Farbenbestandteilen sich durch ihre physikalische Vereinigung verändert. Der Farbstoff oder der Farbträger können dichter werden, als sie es im getrennten Zustande waren. Das scheint kaum wahrscheinlich. Wo ein Fall sich zeigt, der diese Möglichkeit andeutet, würde er ein sehr interessantes Problem für die wissenschaftliche Untersuchung bieten.

Wenn wir bei der Farbenanalyse die Volumina der verschiedenen Bestandteile bestimmen, können wir die Analyse in Werten der Volumenzusammensetzung ausdrücken; wir erhalten dann einen sehr wertvollen Gesichtspunkt für unser Studium der Anstrichfarben.

In bezug auf Farbstoffe sprechen wir von ihren „ölaufnehmenden" Eigenschaften dem Gewichte nach. Bedenken wir jedoch, daß das spezifische Volumen der Farbstoffe sehr verschieden ist, so erhalten wir eine andere und, wie mir scheint, viel richtigere Auffassung. Wenn zwei Farbstoffe das gleiche spezifische Volumen haben, so variieren ihre Ölaufnahmevermögen hauptsächlich entsprechend den Feinheitsgraden. Sobald die spezifischen Volumina der Farbstoffe verschieden sind, variiert auch entsprechend den spezifischen Volumen das Ölaufnahmevermögen, wenn wir letzteres auf der Grundlage des Gewichtes betrachten. Gehen wir aber von der Grundlage des Volumens aus, so hängt das Ölfassungsvermögen nicht von dem spezifischen Volumen der Farbstoffe, sondern hauptsächlich von ihrem Feinheitsgrade ab.

Was für das Zusammenmischen von Farbstoffen und Öl gilt, gilt auch für das Zusammenmischen von Farbstoffen. Es ist üblich — und das ist auch durchaus zutreffend — die Zusammensetzung dem Gewichte nach auszudrücken. Wir wollen an diesem Brauch keine Kritik üben, sondern nur die Volumenbetrachtung der Zusammensetzung hinzufügen. Als Beispiel diene ein konkreter Fall. Der Farbstoff einer bestimmten bekannten Anstrichfarbe setzt sich etwa wie folgt zusammen:

	Gewichtsteile
Mennige	82%
Chinaclay (Ton)	18%

Berücksichtigt man, daß das spezifische Volumen von Bleimennige 0·113 und das von Ton 0·382 beträgt, so erhält

Digitized by Google

man folgende Volumenzusammensetzung des genannten Farbstoffes:

	Volumenzusammensetzung
$82 \times 0{\cdot}113 = 9{\cdot}27$	$57{\cdot}4\%$
$18 \times 0{\cdot}382 = 6{\cdot}87$	$42{\cdot}6\%$
$16{\cdot}14$	

Dies führt zu einer neuen Auffassung. Wir haben gesehen, daß die physikalischen Eigenschaften einer Farbe Funktionen des Volumens sind. Betrachten wir die Zusammensetzung einer Farbe mit 25% Farbstoff vom Standpunkte des Volumens, so können wir schließen, daß der Ersatz der 18% Ton eine zu vernachlässigende Größe sei; betrachten wir aber die Farbe dem Volumen nach, so sehen wir, daß sie besteht aus:

Mennige	14·35	Volumprozente
Ton	10·65	„
Öl	75·00	„

Es sei hervorgehoben, daß hier nicht die Zusammensetzung dieser Farbe kritisiert werden soll. Unsere Betrachtung erstreckt sich nicht auf den verhältnismäßigen Wert von Mennige und Ton. Wir stellen einfach fest, daß unserer Ansicht nach der Wert dieser Farbe angenäherter richtig erkannt werden kann, wenn man seine Volumzusammensetzung berücksichtigt. Diese Auffassung veranlaßte die Kommission D 1 des amerikanischen Verbandes für Materialprüfungen, eine Anzahl von Formeln anzugeben, wonach die Zusammensetzung der Farbstoffe mehr nach dem Volumen als nach dem Gewicht zu ändern sei. Diese zusammengesetzten Farben sollen zum Anstrich eines Prüfgitters verwandt werden, und es steht zu hoffen, daß man auf diesem Wege viel wertvolle Erfahrungen sammeln wird. Wir pflegen so sehr in der Richtung des spezifischen Gewichtes zu denken, daß es nicht angebracht erscheint, diese Richtung zu ändern, indem wir sowohl das spezifische Volumen als auch spezifisches Gewicht berücksichtigen. Infolgedessen sollten Bestimmungen des spezifischen Gewichtes all die Fragen lösen, die sich bei der Betrachtung von Anstrichproblemen vom Standpunkte des Volumens aus darbieten.

Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes von Flüssigkeiten ist verhältnismäßig leicht. Wenn ein Farbträger aus dem sogenannten „Bindemittel“ und einem „flüchtigen Verdünnungsmittel“ besteht, so ist es oft schwer, direkt das spezifische Gewicht des Binde-

Digitized by Google

mittels zu bestimmen. Jedoch kann man durch Bestimmung des spezifischen Gewichtes des Farbträgers sowie des spezifischen Gewichtes und des Prozentgehaltes des flüchtigen Verdünnungsmittels in einfacher Weise das spezifische Gewicht des Bindemittels berechnen. Die Ermittlung des spezifischen Gewichtes von Farbstoffen in der üblichen Weise bietet manche Schwierigkeiten; wendet man jedoch die für Zemente benutzte Methode an, so kann man das spezifische Gewicht von Farbstoffen sehr schnell und genügend genau für alle praktischen Zwecke erhalten. Wir haben die Methode ausgearbeitet und teilen sie hier mit, weil sie sich bei unseren eigenen Arbeiten als sehr zweckmäßig erwiesen hat.

Bei der Analyse von Anstrichfarben pflegen wir folgende Zahlen zu ermitteln: das spezifische Gewicht der Farbe, die prozentische Zusammensetzung von flüchtigem Verdünnungsmittel, Bindemittel und Farbstoff, das spezifische Gewicht des flüchtigen Verdünnungsmittels, das berechnete spezifische Gewicht des Bindemittels und das spezifische Gewicht des Farbstoffes. Mit Hilfe dieser Zahlen können wir die Volumenzusammensetzung der Farbe ausrechnen. Das hat sich als sehr wertvoll für das Studium der Farben, die auf den Markt kommen, erwiesen, auch im Zusammenhang mit der Herstellung und Verwendung der Farben. Wir glauben, daß ein gleiches System jedem von Nutzen sein wird, der überzeugt ist, daß der Wirkungswert von Farben mehr eine Frage des Volumens als des Gewichtes ist.

Methode zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes trockener Farbstoffe.

Apparat.

Der Apparat, der bei dieser Methode zur Anwendung gelangte, besteht aus einer 38 Zoll hohen Bürette in Form eines „Distel-Rohres“ von 100 ccm Inhalt. Die Teilung erstreckt sich aber nur auf 20 ccm, von denen jedes in 50 Teile geteilt ist. Der graduierte Teil des Rohres (20 ccm) ist $28^1/_4$ Zoll lang, der Durchmesser der Bürette beträgt an dieser Stelle 8 mm. Man braucht ferner eine graduierte Flasche von 100 ccm mit Glasstopfen und engem Hals, einen Trichter von 2 Zoll mit kurzem Ansatzrohr und endlich ein Stück dicken Messingdrahtes.

Digitized by Google

Ermittlung des Rauminhaltes der Flasche.

Man fülle die Bürette zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes mit filtriertem Kerosinöl und ermittle das Fassungsvermögen der graduierten 100 ccm-Flasche mit Glasstopfen, nachdem man die Bürette vor der Ablesung 15 Minuten hat abtropfen lassen. Diese Vorsichtsmaßregel muß bei jeder Bestimmung innegehalten werden. Man notiere die Temperatur des Raumes und regle die Ventilation so, daß die Temperatur bei allen Bestimmungen nahezu konstant ist.

Methode.

Man wäge 100 g der fein zerkleinerten (gemahlenen) Farbstoffprobe ab, wenn es sich um einen schweren Farbstoff handelt. Liegt ein leichter Farbstoff vor, so wäge man 25 g ab. Man bringt die abgewogene Menge mittelst des kurzstieligen Trichters in die 100-ccm-Flasche, wobei man, falls erforderlich, den Draht zu Hilfe nimmt, um den Farbstoff durch den Trichter einzuführen. Wenn erwünscht, kann man die trockene Flasche vor und nach der Einbringung des Farbstoffes wägen, um das genaue Gewicht des Farbstoffes in der Flasche in Grammen festzustellen. Sodann füllt man die Bürette zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes mit Kerosinöl und läßt das Öl in die Flasche mit dem Farbstoff laufen, bis die 100-ccm-Marke auf der Flasche erreicht ist. Hierauf setzt man den Glasstopfen ein. Man nimmt den Hals der Flasche zwischen die Handflächen und bewegt die rechte Hand vor und rückwärts, so daß die Flasche hin- und hergedreht wird und der Farbstoff vollständig mit dem Kerosinöl benetzt wird. Um die letzten Spuren von Luftblasen zu entfernen, stoße man die Flasche vorsichtig auf eine mit Tuch überzogene Fläche auf. Man entfernt dann vorsichtig den Glasstopfen, wobei man alles Öl, das sich vielleicht an dem Stopfen angesammelt hat, in die Flasche zurücklaufen läßt. Hierauf füllt man mittelst Kerosins aus der Bürette wieder auf 100 ccm auf. Man wiederholt diese Operation so lange, bis keine Volumänderung des Öles in der Flasche nach Entfernung aller Luftblasen mehr auftritt. Wenn das Volumen der Flasche konstant ist, läßt man die Bürette die erforderliche Zeit abtropfen und liest ab.

Bezeichnet man mit A das Fassungsvermögen der Flasche, mit B die Ablesung an der Bürette, mit C (= A—B) das Volumen des Farbstoffes in der Flasche, mit D das Gewicht des für die

Digitized by Google

Bestimmung benutzten Farbstoffes in Grammen, endlich mit E das spezifische Gewicht, so ist das spezifische Gewicht des Farbstoffes

$$E = \frac{D}{A-B} = \frac{D}{C}$$

Bemerkungen.

Man arbeitet zweckmäßig bei Zimmertemperatur, etwa 21° C, und läßt das Öl und den Apparat vor Beginn der Prüfung einige Zeit im Zimmer stehen.

Um das Öl aus der Flasche nach jeder Bestimmung zu entfernen, spüle man zweimal mit Äther aus und trockne mit Luft von Gebläse.

Zusammenfassung.

In der vorliegenden Abhandlung wird ausgeführt, daß bei der Beschreibung, der Analyse und dem Studium von Anstrichfarben die Auffassung, wie die Farbe dem Volumen der verschiedenen Bestandteile nach zusammengesetzt ist, neben den üblichen Formeln und der Analyse nach dem Gewicht berücksichtigt werden muß.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIV 4

VERGLEICHE ZWISCHEN DER BRAUCHBARKEIT VON ROHREN AUS GUSSEISEN UND WEICHEM FLUSSEISEN ALS WASSERLEITUNGEN IN DEN VEREINIGTEN STAATEN.

Von **F. N. Speller,** National Tube Co., Pittsburg, Pa.
(Übersetzt von F. W. und A. Hinrichsen, Berlin.)

Bedenkt man, wie viele Diskussionen die Frage Gußeisen gegen weiches Flußeisen in den letzten 25 bis 30 Jahren hervorgerufen hat, und die vielen darauf bezüglichen Daten, so wird es kaum nötig scheinen, noch irgend etwas hinzuzufügen. Tatsächlich besteht aber noch immer eine Meinungsverschiedenheit trotz aller beigebrachten Beweise. Vielfach wird den mitgeteilten Resultaten vorgeworfen, daß sie nur in Laboratoriumsversuchen[1]) erhalten worden seien, die sich nur über verhältnismäßig kurze Zeit, selten länger als zwei Jahre erstreckten. In Anbetracht dessen und um die Zuverlässigkeit solcher Untersuchungen zu prüfen, sollen einige zufällige Vergleiche, die sich kürzlich in der Praxis gefunden haben, neben den besten experimentellen Arbeiten, die bereits veröffentlicht sind,[2]) berücksichtigt werden.

[1]) Wir lassen Säureproben von wenigen Stunden ganz aus dem Spiel, da sie nur für Vergleichsversuche mit widerstandsfähigen Qualitäten Bedeutung haben.

[2]) Betr. Einzelheiten siehe: H. M. Howe, Internat. Materialprüfungskongreß 1900; Howe und Stoughton, Proc. Amer. Soc. f. Test. Mat. 1908, S. 247—265; U. S. Navy Bureau of Steam Engin. „Angriff von Kesselröhren", Journ. of Amer. Soc. of Naval Engin., May 1904, **16**, 129; T. N. Thomson Transact. Amer. Soc. of Heat. and Ventilat. Engin. 1908, 45—66; 1909, 80; Engin. Review, May 1909 (ausführlicher Bericht). — Ferner findet man in folgenden Werken weitere Einzelheiten: „Angriff und Schutz von Eisen und Stahl" von Cushman und Gardner (Mc. Graw-Hill Book Co., New York City 1910); „Rostangriff von Eisen und Stahl" von J. Newton Friend (Longmans, Green & Co., London 1911); „Rostangriff von Eisen und Stahl" von Alfred Sang, (Mc. Graw-Hill Book Co. New York, N. Y., 1910).

Digitized by Google

Ein großer Teil der Verwirrung scheint auf irriger oder unvollkommener Kenntnis der Materialien und der näheren Bedingungen zu beruhen. Der Gegenstand ist zu kompliziert, um auf breiter Grundlage erörtert zu werden. Jede Art von Erzeugnis (Draht, Platten, Röhren usw.) müßte unserer Ansicht nach einzeln betrachtet werden in Anbetracht der Verschiedenheit in der Herstellung und den Verbrauchsbedingungen. Wir berichten hier, genau gesagt, nur über den inneren Angriff von Röhren, wenn auch die erhaltenen Resultate bis zu einem gewissen Grad auf andere Erzeugnisse unter ähnlichen Bedingungen angewendet werden können.

Flußeisenröhren kamen vor etwa 20 Jahren in größeren Mengen hierzulande auf den Markt. Vor 10 oder 12 Jahren betrug das Verhältnis der im Gebrauche befindlichen Flußeisenröhren etwa die Hälfte der Gesamtproduktion. Es scheint jetzt, als ob in einer späteren Periode Gußeisen- und Flußeisenröhren oft gemischt und zusammen gebraucht worden wären. Denn in den letzten zwei Jahren haben Forscher beide Röhrenarten nebeneinander in Wasserleitungen installiert gefunden. Dadurch bieten sie ein außerordentlich wertvolles Material zum Vergleich unter den gleichen Verwendungsbedingungen.

Die Berichte über diese Vergleiche sind zum großen Teil in der technischen Literatur verstreut. Der Zweck dieser Abhandlung besteht darin, die Resultate dieser Erfahrungen in knapper und prägnanter Form wiederzugeben, unter Hinzufügung einiger späterer Forschungen derselben Art, damit die Tatsachen, die sich aus der Benutzung eines Rohres ergeben haben, noch lange, nachdem es schon zum großen Teil innerlich zerfressen war, denen, die sich für den Gebrauch von Röhren interessieren, leichter zugänglich werden.

Die Anzahl der Vergleiche umfaßt weit mehr als 100 Fälle von Installationen an verschiedenen weit voneinander entfernten Orten. Die Forschungen wurden von vielen verschiedenen Beobachtern angestellt. Der Grad des Zerfalles schwankte zwischen einem verhältnismäßig geringen und vollständigen Zerfall der Rohre nach einer durchschnittlichen Benutzung von zehn Jahren. Eine Tabelle folgt weiter unten, wobei die Tiefe der Einfressungen als Maß des Rostangriffes gewählt wurde.

Natürlich wurden nur in Heißwasser-Betrieben bei Verwendung von geschlossenen Kesseln oder unter ähnlichen Verhältnissen die

Digitized by Google

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse über den Rostangriff von Guß- und Flußeisenröhren im Betriebe.

Nr.	Datum	Ort	Dauer der Benutzung im Betriebe	Art des Betriebes	Autor	Anzahl der gefundenen Vergleichsproben	Betrag der tiefsten Einfressungen		Einzelheiten und Bemerkungen
							Gußeisen	Flußeisen	
1	1910	New-York Städt. Badehäuser	3 Jahre u. mehr	Heißwasserleitung	Prof. Ira H. Woolson, Columbia Univ.	89 Proben, davon 13 Gußeisen, d. übrigen Flußeisen	Gleich 100%	Gleich 100%	Eng. News, Dec. 3., 1910, S. 630; N. T. C. Bulletin Nr. 2. Proben fortlaufend im Betrieb bis zur Zerstörung.
2	1910	Frick Coke Co. Kraftwerk	6 Monate bis 7½—8 Jahre je nach Beschaffung der Vergleichsproben	Kesselspeisewasserleitungen	Untersuchungslaboratorium der National Tube Co	21 Partieen mit 52 Proben, davon 26 Gußeisen und 26 Flußeisen	0·112"*) 100%	0·108"*) 96%	Eng. Review, April 1911; N. T C. Bulletin Nr. 3; Amer. Soc. Heating & Ventilating Engs., 1911. Proben aus dem Betrieb beschafft. In 22 Fällen Guß- und Flußeisenrohre nebeneinander in denselben Leitungen. 13 Vergleiche „favor steel" und 9 Eisen.
3	1911	Cresson, Penna. Kohlenfelder	6 Monate bis 10 Jahre je nach Beschaffung	Heiß- u. Kaltwasser-Kesselspeiseleitungen Pumpenabflußleitungen	desgl.	9 Vergleichsproben von Fluß- und Gußeisen wurden zusammen gefunden	0·100"*) 100%	0·085"*) 85%	Röhren aus Leitungen im Betriebe. In 9 Fällen Guß- u. Flußeisenröhren aus denselben Leitungen, 4 Vergleichsproben „favor steel" und 2 Eisen. In 3 Fällen Fluß- und Gußeisen gleichmäßig angegriffen.
4	1911	Allegheni Allgemeines Hospital, Pittsburgh	Zwischen 7 und 8 Jahren	Warmwasserleitung	desgl.	69 Proben Warmwasserleitungen, 42 Gußeisen, 27 Flußeisen	0·105"*) 100%	0·105"*) 100%	Bedingungen des Betriebes, Röhren geprüft bis zur Zerstörung. In 13 Fällen Fluß- u. Gußeisenröhren nebeneinander in denselben Leitungen, 7 Fälle „favor steel" und 6 Eisen.
5	1911	New England Investigation	2—17 Jahre, im Mittel 9 Jahre, je nach Beschaffung	Warm- u. Kaltwasser, strömender und entspannter Dampf, Kesselabdampfleitungen usw.	Dr. W. H. Walker, Direktor des Untersuchungs-Labor. f. angewandte Chemie, Massachusetts, Institute of Technology	64 Vergleichsproben v. Fluß- u. Gußeisen, die zusammen in Heißwasser- u. Dampfleitungen gefunden wurden	0·069"*) 100% 0·130" 100%	0·063"*) 91% **) 0·118" 91%	Journ. of the New Engl. Water Wks. Ass. March 1912; Engin. News, Dec. 21., 1911; Journal of Industrial and Engineering Chemistry, June 1912. In 64 Vergleichsproben 20 „favor steel" u. 18 „favor iron", in 9 Fällen gleicher Angriff von Guß- und Flußeisen, in 17 Fällen Angriff zu vernachlässigen.

*) In allen Fällen wurde die Tiefe der Einfressungen in Gußeisen als 100% in Rechnung gesetzt, wobei die tiefste Einfressung jeder Probe zugrunde gelegt wurde — **) Mittel der tiefsten Einfressungen von 9 Fällen, in denen der Angriff am stärksten war.

Digitized by Google

Rohre während dieser Zeitdauer ernstlich angegriffen. Die Zerstörung erwies sich als größer, wenn mehr als das gewöhnliche Quantum heißen Wassers gebraucht wurde. Es muß bemerkt werden, daß alle Rohre, auf die sich diese Vergleiche beziehen, verlegt wurden, bevor die Frage des Zerfalles auf wissenschaftlicher Grundlage in Angriff genommen war, und bevor besondere Anstrengungen gemacht waren, um das Metall widerstandsfähiger und gleichmäßiger zu machen. Es war nicht unsere Absicht, die verschiedenen Prozesse und Methoden zu erörtern, die vorgeschlagen worden sind, um Eisen widerstandsfähiger gegen Zerfall zu machen, aber es ist merkwürdig, zu bemerken, daß viele mehr für Eisen mit hohem Prozentsatz an fremden Stoffen sind, während andere für das andere Extrem sind und ein Loblied auf möglichst reines Metall singen, das im Siemens-Martin-Ofen hergestellt wird. Beide übersehen offenbar den grundsätzlich unregelmäßigen Zustand an der Oberfläche von allem im Handel befindlichen fertig hergestellten Metall, der anscheinend den ausschlaggebenden galvanischen Einfluß bei der Zersetzung ausübt und alle kleineren Potentialdifferenzen überwiegt, die durch Unregelmäßigkeiten im Metalle selbst bedingt sind.

Der Schluß, zu dem uns diese Summe von Erfahrungen geführt hat, bestätigt das, was von den meisten führenden Forschern ausgesagt wird, nämlich: daß kein grundsätzlicher Unterschied im Rostangriff von Eisen, das nach verschiedenen Prozessen hergestellt ist, besteht, wenigstens soweit es sich auf Röhren bezieht. Die nahe Übereinstimmung zwischen diesen langwierigen praktischen Prüfungen und sogenannten Laboratoriumsversuchen in luftgesättigtem Wasser ist bemerkenswert und weist darauf hin, daß die letzteren Prüfungen für viele Zwecke zuverlässig sind, auch trotzdem die Proben nur verhältnismäßig kurze Zeit der Einwirkung ausgesetzt werden.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIV5

EINE SCHNELLPROBE AUF DIE RELATIVE ANGREIFBARKEIT VON EISENSORTEN IN WASSER UND WÄSSERIGEN LÖSUNGEN.

Von Lieut. Commander **Frank Lyon.**

U. S. Naval Engineering Experiment Station, Annapolis, Md.

(Übersetzt von F. W. Hinrichsen.)

I. Beobachtungen.

Wenn Eisenlegierungen beim Eintauchen in alkalische Lösungen, z. B. von Natriumkarbonat, Natriumhydroxyd, Dinatriumphosphat oder Kalk rosten, so treten je nach der Konzentration der betreffenden Lösung verschiedene Angriffserscheinungen ein.

Hängt man eine Probe Stahl 24 Stunden lang in neutrales destilliertes Wasser, so wird sie offenbar gleichmäßig anrosten. Bringt man sie dann nacheinander in wachsende Konzentrationen von Sodalösungen, so wird man eine Konzentration finden, in welcher offensichtlich örtlicher Angriff stattfindet. Wenn die Konzentrationen wachsen, so wird der Angriff in steigendem Maße lokalisiert, d. h. die vom Rost angegriffenen Flächen werden kleiner. Schließlich wird eine Konzentration erreicht, in der höchstens ein oder zwei Rostflecken auftreten und in jeder stärkeren Konzentration ist dann keine Spur irgendwelchen Angriffes mehr zu beobachten.

Es hat sich gezeigt, daß a) die Konzentration (ausgedrückt in Normalität von Alkali), in welcher keine Spur von Rost mehr sich zeigte, und b) die Konzentration, in welcher alle Merkmale örtlichen Angriffes in allgemeines Rosten übergingen, mit den verschiedenen Eisen- und Stahlsorten und mit verschiedenen Herstellungsstufen des gleichen Eisens oder Stahles sich änderten.

Digitized by Google

Es hat sich ferner herausgestellt, daß Eisen oder Stahl, die in einer bestimmten Konzentration gerade eben zu rosten begannen, elektropositiv gegen eine andere Probe sich verhielten, welche in einer schwächeren Lösung eben zu rosten anfing. Versuche, die sich über ein Jahr erstreckten, zeigten ferner, daß die Eisen- und Stahlsorten, welche durch ein größeres Intervall von Konzentrationen örtlichen Angriff aufweisen, stets im Wasser stärker rosteten als Materialien, die innerhalb eines kleineren Konzentrationsintervalles örtlichen Angriff ergaben.

Taucht man eine Eisenlegierung in eine Lösung bestimmter Konzentration, in der örtlicher Angriff auftrat, so konnte man die Fläche, über welche sich der Angriff erstreckte, bis in die Tiefe verfolgen, so weit das leicht angreifbare Metall reichte.

Keine der untersuchten Eisenlegierungen zeigte Anzeichen von Rostangriff in einer höheren Konzentration als 2·6-normaler Lösung von $Na_2 CO_3$, Na OH oder CaO, wenn auch einige Eisenlegierungen noch in 2·5-normaler Lösung Rostangriff zeigten.

II. Vorgeschlagenes Prüfungsverfahren.

Das vorgeschlagene Verfahren, das sich aus zweijähriger anhaltender Arbeit in der oben angedeuteten Richtung ergab, besteht in folgendem:

Man stellt sich 20 Lösungen von Soda in destilliertem Wasser von 0·01- bis 3-normal her und bewahrt die Lösungen in gut verschlossenen Glasflaschen auf, um Konzentrationsänderungen infolge von Verdunstung zu vermeiden. Man stellt sich ferner die gleiche Anzahl von Proben des Metalles her und behandelt alle physikalisch gleichmäßig: Man feilt sie ab, reibt sie mit Schmirgel ab oder poliert sie. Sodann werden sie gewaschen, getrocknet und sorgfältig gebürstet.

1. Vergleichende Versuche über die Angreifbarkeit im Wasser: Man hängt eine Probe jedes Metalles an einem Glasstab in jede der oben erwähnten Lösungen derart ein, daß die Proben sich nicht gegenseitig berühren; dann verschließt man die Flaschen und setzt sie beiseite. Nach 24 Stunden stellt man die höchste Konzentration fest, in der jede Probe roten Rost oder grünlichschwarze Färbung zeigt, ferner auch die höchste Konzentration, in der jedes Metall allgemeinen Rostüberzug aufweist. Man nimmt die Proben heraus, wäscht allen Rost ab und hängt

Digitized by Google

sie von neuem 24 Stunden ein, um festzustellen, ob die Proben an denselben Stellen wie zuerst rosten oder nicht.

Dasjenige Metall, welches zuerst in der niedrigeren Konzentration allgemein und in der höheren örtlich rostet, wird schneller im Wasser rosten. Es wird in jeder beliebigen Zeitdauer größeren Gewichtsverlust auf der Einheit der Oberfläche zeigen, als ein Metall, welches in dazwischenliegenden Lösungen örtlich zu rosten begann und auf welchem örtlicher Angriff ebendann nicht mehr bemerkbar war. Das erstgenannte Metall wird sich dem letzteren gegenüber elektropositiv verhalten, wenn beide im gleichen Wasser mittels eines metallischen Leiters miteinander verbunden werden.

2. Bestimmung der Tiefe, bis zu welcher sich die leichter angreifbaren Flächen in das Metall hinein erstrecken: Man nimmt die Proben aus einigen Lösungen heraus, in denen sie alle örtlich rosten, stellt die angegriffenen Flächen durch Skizzen fest und feilt oder schleift eine Schicht von bestimmter Dicke von dem Metall ab. Dann hängt man es wieder 24 Stunden hinein und beobachtet, ob die Proben an denselben Flächen örtlich rosten. Ist dieses der Fall, so entfernt man die Oberfläche weiter und hängt von neuem ein. Dies wird so oft wiederholt, bis die Tiefe erreicht ist, bis zu welcher sich der weiche Anteil erstreckt oder bis die Probe verbraucht ist. Schwache oder leicht angreifbare Stellen können auf diese Weise vollständig durch ein Stück oder eine Platte von Eisenlegierungen hin verfolgt werden.

III. Bemerkungen über die Probe.

Wenn die ersten Anzeichen von Rostbildung an zwei verschiedenen Metallen in der gleichen Lösung auftreten, so kann man die nächststärkere Lösung von Tag zu Tag schwach verdünnen, bis eines der Metalle zuerst Zeichen von Rostbildung aufweist. Die genaue Stärke der Lösung, welche Rostbildung hervorruft, läßt sich dann durch Titration mit $^1/_{10}$-normaler Säure ermitteln. Wenn zwei Proben von Eisenlegierungen in derselben Lösung örtlich zu rosten und in derselben schwächeren Lösung allgemein zu rosten beginnen, so üben sie aufeinander keine angreifende Wirkung aus, wenn sie in der gleichen Flüssigkeit durch einen metallischen Leiter miteinander verbunden werden.

Digitized by Google

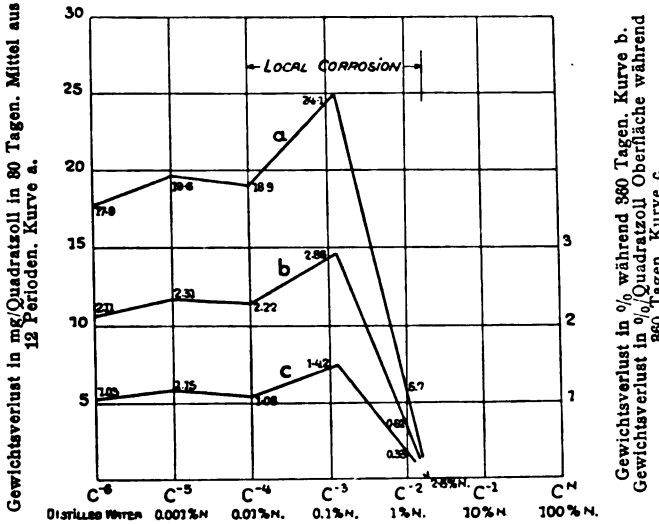
Das Prüfverfahren fußt auf der Tatsache, daß alkalische Lösungen die Tendenz zeigen, die Auflösung aller Metalle, welche in der Spannungsreihe niedriger als das Alkalimetall der Flüssigkeit stehen, aufzuhalten. Wenn die Konzentration der alkalischen Lösungen erhöht wird, so hält sie zuerst den Rostvorgang an denjenigen Stellen der Oberfläche auf, welche die geringste Lösungstension besitzen, dann an denjenigen Stellen, bei denen die Lösungstension größere Werte besitzt, schließlich an denjenigen, bei denen die Lösungstension am größten ist. Das Metall, welches von Natur die geringste Lösungstension über die ganze Oberfläche aufweist, wird die Eigenschaft besitzen, am widerstandsfähigsten gegen Rostbildung zu sein, und wird natürlich am besten in der Reihe brauchbar sein.

Im Januar 1910 begann der Verfasser nach sorgfältigem Studium der Arbeit von Heyn und Bauer in den Abhandlungen des V. Kongresses des internationalen Verbandes für Materialprüfungen der Technik 1909, eine Reihe von Versuchen nach dem von Heyn und Bauer angegebenen Verfahren. Nur wurde als Maß des Rostangriffes der Gewichtsverlust in Milligramm pro Quadratzoll während 30 Tagen gewählt.

Eine Versuchsreihe mit einer Probe Stahlkesselblech der Klasse B (Zusammensetzung: C 0·34, S 0·02, P 0·02, Si 0·23, Mn Fe 99·40%) wurde in verschiedenen konzentrierten Lösungen von $NaOH$, Na_2CO_3, $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$, CaO, K_2CrO_4 und $K_2Cr_2O_7$ seit dem 16. Juni 1910 durchgeführt. Die während der ersten zwölf dreißigtägigen Perioden erhaltenen Ergebnisse sind anbei in den Schaubildern 1—6 einschließlich wiedergegeben. Kritische Konzentrationen, bei denen der Betrag des Gewichtsverlustes ein Maximum erreichte, wurden bei Lösungen von Kalk, Kaliumchromat und Kaliumbichromat festgestellt, was Heyn und Bauer nicht beobachteten. In allen Lösungen begann örtlicher Angriff bei Konzentrationen, die höher als 0·01-normal lagen. Die kritische Konzentration der Chromate wurde zwischen 0·1- und 0·08-normal ermittelt, die Grenzkonzentration bei 0·26-normal. Im Falle von Natriumhydroxyd, Natriumkarbonat und Kalk lag die kritische Konzentration stets zwischen 1- und 0·1-normal, der Grenzwert der Konzentration bei 2·6-normal. Beim Dinatriumphosphat wurde die kritische Konzentration zwischen 1- und 0·1-, die Grenzkonzentration bei 4·0-normal ermittelt.

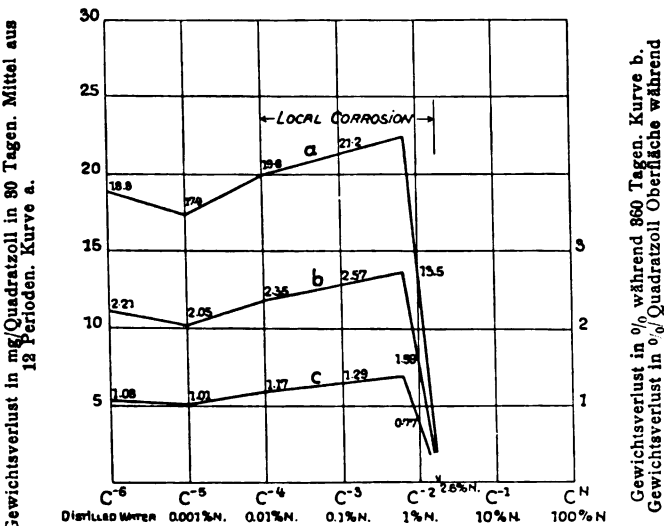
Digitized by Google

Schaulinien I.



Örtlicher Angriff.
C⁻⁶ Destilliertes Wasser
Kaustische Soda (NaOH C. P.).

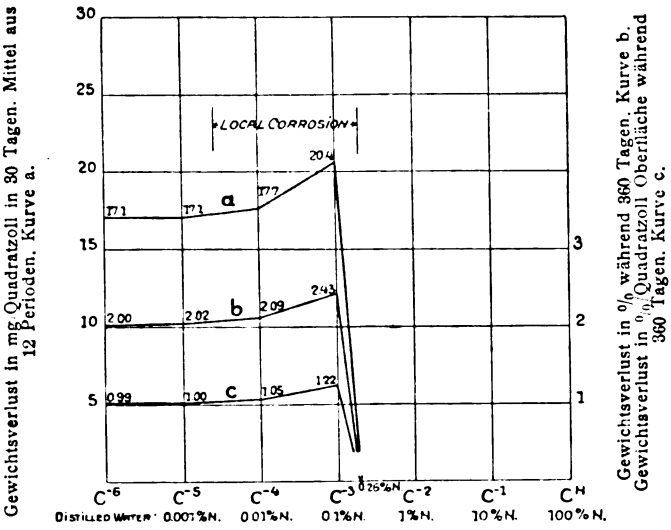
Schaulinien II.



Natriumkarbonat. (Kalzinierte Soda. Käufl.)

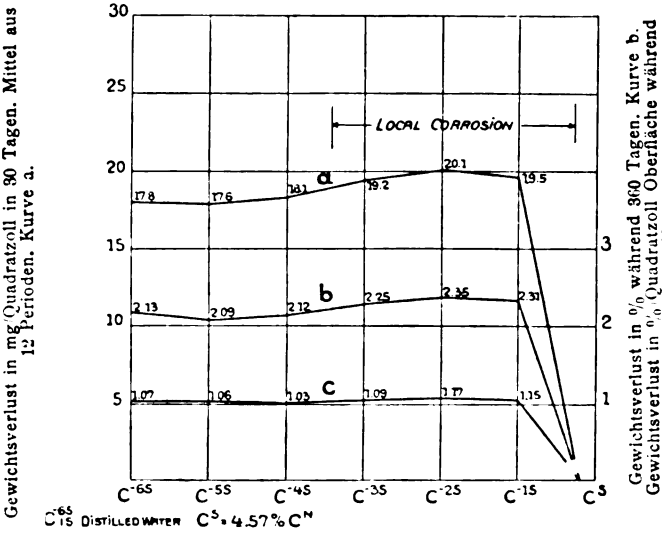
Digitized by Google

Schaulinien III.



Dinatriumphosphat (Käufl $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$).

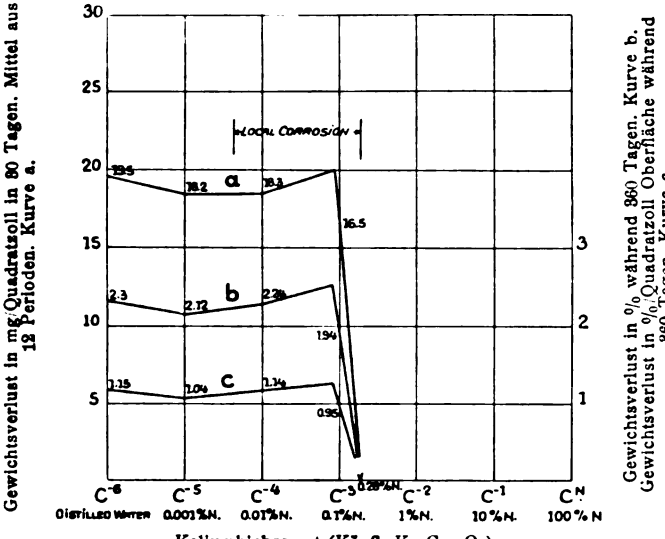
Schaulinien IV.



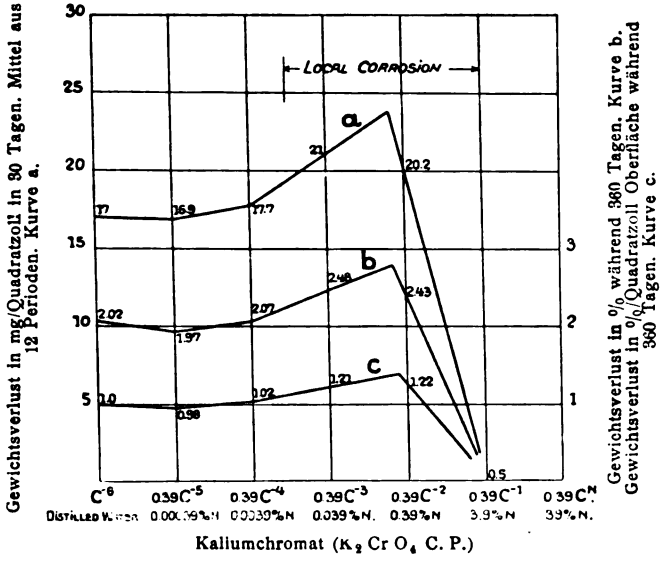
Kalk. (Gesättigte Lösung von Ca O. Stärke ermittelt durch Titration der dekantierten klaren Lösung.)

Digitized by Google

Schaulinien V.



Schaulinien VI.



Digitized by Google

THE
JOHN CRERAR
LIBRARY

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXV1

VORSCHLÄGE FÜR DIE BEGRIFFSBESTIMMUNG DES BITUMENS.

Von **D. Holde** und **J. Marcusson**, Berlin-Lichterfelde.

Durchberaten vom Ausschuß 9 des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik am 20. Mai und 28. Oktober 1910, sowie am 10. Juni 1911.

Der Begriff „Bitumen" leitet sich ab von pix tumens (aufwallendes Pech) und umfaßt in weiterem Sinne die verschiedenartigen im umstehenden Tableau genannten Rohbitumina, die sich entweder unmittelbar in der Natur vorfinden oder erst künstlich durch Zersetzungsdestillation (Schwelen) aus Kohlen usw. gewonnen werden.

Im engeren Sinne bezeichnet Bitumen den Naturasphalt und dessen künstliche Ersatzstoffe*).

Die Erkennung des Produktes nach den im umstehenden Tableau angegebenen Reaktionen ist vielleicht in einzelnen Fällen erschwert, da auch die Naturprodukte in ihrer Zusammensetzung schwanken und allenthalben Übergänge vorkommen. So sollen Naturasphalte vereinzelt vorkommen, welche die Anthrachinonprobe zeigen, und andererseits Steinkohlenteere, die kein Anthracen enthalten, wenn sie, wie z. B. der frühere Meilerteer, bei zu niedriger Temperatur hergestellt wurden. Das Vorhandensein oder Fehlen des einen oder anderen Unterscheidungsmerkmales soll deshalb in erster Linie Schlüsse auf die mutmaßliche Herkunft, nicht aber in allen Fällen Schlüsse auf die Qualität zulassen.

*) In diesem Sinne spricht man auch von einem Bitumengehalt in Dachpappen, Isolierfilzpappen, Stampfasphalt usw. und versteht unter Bitumengehalt dann den Gehalt an Naturasphalt oder dessen Ersatzstoffen, wie Erdölpech, Steinkohlenteerpech, Fettdestillationspech usw. Die in Benzol oder Schwefelkohlenstoff unlöslichen kohlenstoffreichen Bestandteile von Steinkohlenteerpech Ölgasteerpech usw. gelten technisch nicht als Bitumenbestandteile.

Digitized by Google

Digitized by Google

nwasserstoffe)

Erdwachs (Ozokerit)
(fest)
hieraus durch Raffination Ceresin, durch Destillation Paraffin und Oel und als Rückstand Kabelwachs gewonnen.

Feste oder zähflüssige geschwefelte und oxydierte Kohlenwasserstoffe **Naturasphalt, Bergteer.** Ersterer enthält 2—12%, vereinzelt unter 1% Schwefel, 1·4—35% ölige Stoffe, in denen meistens weniger als 1% Paraffin enthalten ist.

zähen,
och be-
", die
hartes
Die Erd-
Diazo-
nthalten
in der
snahme
korohöl
öligen
der Pa-
16·6%
oke ist
and.

w. Rohbitumina gewonnen.

VI. Torfteer
entsteht bei der trockenen Destillation von Torf.

VII. Ölgasteer
entsteht aus Gasöl bei der Herstellung von sogenanntem Fettgas.

VIII. Wassergasteer
entsteht bei der Karburierung des Wassergases mit Gasöl.

IX. Knochenteer, Melasseteer, Schlempeteer
entstehen bei der trockenen Destillation von Knochen, bzw. Melasse oder Schlempe.

X. Harzpech
entsteht als Rückstand bei der Destillation von Kolophonium.

Digitized by Google

THE
JOHN CRERAR
LIBRARY

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXV$_2$

ÜBER DEN GEHALT AN BINDESTOFF FÜR BITUMINÖSE SCHOTTERDECKEN.

Von **Prévost Hubbard**, Washington, D. C.

(Übersetzt von H. Burchartz.)

Bei der Ausführung von Straßenpflasterungen aus Asphaltstoffen, zu denen hauptsächlich Gußasphaltdecken zu rechnen sind, ist die Frage der Beschaffenheit des Bitumens und der Höhe des Zusatzes an solchen bereits Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen. Nicht weniger Aufmerksamkeit ist der Frage der Kornzusammensetzung des Zuschlagstoffes, also der mineralischen Bestandteile des Pflastermateriales zugewendet worden. Auf Grund dieser Forschungen haben sich bestimmte Anhaltspunkte ergeben, die es ermöglichen, das richtige Mischungsverhältnis und die charakteristischen Eigenschaften sowohl des Bitumens wie des mineralischen Zuschlages innerhalb verhältnismäßig enger Grenzen zu ermitteln. Bei allen sorgfältig überwachten Bauausführungen wird dessenungeachtet das genaue Mischungsverhältnis von Bitumen zum mineralischen Zuschlagstoff für bestimmte Materialien auf dem Versuchswege festgestellt, und eine ständige Kontrolle ist erforderlich, um Gewähr dafür zu haben, daß dieses Mischungsverhältnis innegehalten oder gegebenfalls verändert wird, um es den unvermeidlichen Schwankungen in der Korngröße des Zuschlagstoffes anzupassen.

Bei der Herstellung von bituminösen Schotterdecken werden zurzeit Bindestoffe verwendet, die sich sowohl in ihrer Zusammensetzung wie in ihrer Konsistenz wesentlich voneinander unterscheiden. Auf die Kornzusammensetzung des Zuschlagstoffes wird, abgesehen von der Forderung, daß der Steinschlag eine bestimmte handelsübliche Korngröße aufweisen soll, sowie auf das Mischungsverhältnis von Bitumen zum Zuschlagstoff nur wenig Gewicht

Digitized by Google

gelegt, wenigstens bei weitem nicht so viel wie bei der Herstellung von Gußasphaltpflasterungen. Wenn auch die Herstellung einer bituminösen Schotterdecke keine so große Sorgfalt erfordert wie die einer Gußasphaltpflasterung, so liegt doch bei den genannten Schotterdecken im gleichen Maße das Erfordernis vor, die Arbeiten sorgfältig zu überwachen und die zur Herstellung der Decken dienenden Materialien ebenso eingehend auf ihre Eignung für den betreffenden Zweck zu prüfen wie bei den Gußasphaltpflasterungen. Nach Ansicht des Verfassers werden bituminöse Schotterdecken erst dann aus dem Studium des Versuches herauskommen, wenn Straßenbau-Ingenieure allgemein fordern, daß alle zur Herstellung der Decken dienenden Materialien planmäßig untersucht werden, bevor sie zur Verarbeitung zugelassen werden.

Im Zusammenhange hiermit mögen einige bemerkenswerte Tatsachen aus einer Betrachtung über den Bitumengehalt grober bituminöser Pflastermaterialmischungen, wie solche zu Asphaltierungen benutzt werden, angeführt werden. Die Herstellung bituminöser Schotterdecken erfolgt zurzeit im allgemeinen nach zwei Hauptverfahren, dem Eindring- und dem Mischverfahren. Bei dem Eindringverfahren wird der Schotter zuerst über die Straßenfläche ausgebreitet und teilweise befestigt, worauf das erwärmte Bitumen über die Beschotterung gegossen wird, in der Voraussetzung, das die Flüssigkeit in die Decke bis zu einer gewissen Tiefe eindringen und den Schotter mehr oder weniger gleichmäßig überziehen wird. Bei dem Mischverfahren wird dagegen der Steinschlag mit dem heißen Bitumen gründlich gemischt, bevor es auf die Straßenfläche gebracht wird. Da das erstgenannte Verfahren bei sachgemäßer Ausführung häufig günstige Ergebnisse liefert, ist es wenig verbesserungsfähig und bedarf daher in dieser Abhandlung keiner weiteren Erwähnung Wesentlich verbesserungsfähig ist dagegen das Mischverfahren. Die beiden die Decke bildenden Bestandteile (Bitumen und Schotter) mögen jedoch noch so sorgfältig zusammengemischt werden, wenn sie nicht auf gewisse Eigenschaften planmäßig untersucht werden, liefert das günstige oder ungünstige Verhalten einer gegebenen Deckenstrecke in der Praxis dem Straßenbau-Ingenieur im allgemeinen keine, dem die Arbeit überwachenden Ingenieur nur wenig brauchbare Lehren.

Es steht außer Zweifel, daß für bestimmte mineralische Stoffe und einen Bindestoff gegebener Konsistenz das Mischungsverhältnis

Digitized by Google

innerhalb bestimmter enger Grenzen liegen muß, um die günstigsten Ergebnisse zu zeitigen. Die Gesteinsart, die Beschaffenheit des Bitumens und die Gebrauchsbedingungen, denen die Straße unterworfen wird, sind natürlich Faktoren, die von Einfluß auf das Verhalten der Pflasterdecke sind und berücksichtigt werden müssen. In der vorliegenden Abhandlung sollen jedoch diese Verhältnisse unberücksichtigt bleiben. Allgemein läßt sich sagen, daß die besten Ergebnisse erzielt werden, wenn die mineralischen Zuschläge mit dem Bitumen in solchem Verhältnis zusammengesetzt sind, daß das ganze Steinmaterial mit Bitumen in einer Menge überzogen wird, die dem Höchstgehalt an Bindestoff gleichkommt, den die Decke nach erfolgter Befestigung zu halten vermag, ohne daß unter den Gebrauchsbedingungen, denen die betreffende Wegstrecke nach ihrer Fertigstellung unterworfen wird, eine unbefriedigende Fahrbahnfläche entsteht.

Bei der Bereitung eines bituminösen Deckmateriales kann die Bemessung der einzelnen Bestandteilen entweder nach Raumteilen oder nach Gewichtsteilen erfolgen. Ersteres Verfahren findet bei Straßenbauarbeiten am meisten Anwendung. In der Regel werden jedoch aus Bequemlichkeitsrücksichten Raummaße angenommen, die bestimmten Gewichtsverhältnissen entsprechen, und die Mischungsverhältnisse werden in den Prüfungsberichten in Gewichtsteilen ausgedrückt. Bei Untersuchungen bituminöser Deckmaterialien im Laboratorium wird der Gehalt an Einzelstoffen fast ausnahmslos in Gewichtsteilen angegeben. Es ist natürlich klar, das beide Meßverfahren Ergebnisse liefern, die das Mischungsverhältnis für jede beliebige Mischung aus bestimmten Bestandteilen richtig angeben. Das genaue Mischungsverhältnis wird jedoch in der Regel erst später auf Grund des Verhaltens von Proben während und nach erfolgter Verdichtung bestimmt, was indessen nicht ausschließt, daß die annähernd richtigen Verhältnisse vorher berechnet werden können

Während die angeführten Verfahren im allgemeinen befriedigende Ergebnisse für eine bestimmte Bauausführung zu liefern vermögen, erscheint es notwendig, daß eine Zusammenstellung von Mischungen, sei es für Gewichtsteile oder für Raumteile, durch weitere Angaben ergänzt wird, damit die ermittelten Mischungsverhältniszahlen für andere Bauausführungen ähnlicher Art eine richtige Auslegung erfahren können. Neben der Kornzusammen-

Digitized by Google

setzung der mineralischen Bestandteile und der Konsistenz des Bitumens sollten auch die großen Unterschiede im spezifischen Gewichte sowohl der gebräuchlichen mineralischen Bestandteile sowie Bitumensorten gebührend berücksichtigt werden. Die Wichtigkeit dieser Frage erkennt man aus einer Betrachtung der in Tabelle 1 enthaltenen Zahlen.

Tabelle 1.

Spezifisches Gewicht von Gesteinen, die im Straßenbau Verwendung finden.

Gesteinsart	Spezifisches Gewicht		
	Kleinstwert	Größtwert	Mittel
Kalkstein	2·00	2·85	2·65
Feuerstein	2·00	2·95	2·60
Granit	2·00	3·00	2·65
Sandstein	2·00	3·25	2·60
Schlacke	2·00	3·90	3·25
Rhyolit (Porphyr?)	2·05	2·90	2·55
Syenit	2·15	3·05	2·65
Andesit	2·20	2·95	2·70
Dolomit	2·30	2·90	2·70
Basalt	2·30	3·05	2·80
Quarzit	2·35	3·15	2·60
Konglomerat	2·50	2·70	2·60
Schieferton	2·50	2·70	2·65
Felsit (Quarzporphyr?)	2·50	2·80	2·65
Gneis	2·60	3·20	2·75
Diabas	2·60	3·20	2·95
Schiefer	2·60	3·35	2·75
Marmor	2·65	2·85	2·75
Schiefer (Tonschiefer?)	2·65	3·20	2·95
Peridotit (Olivengestein?)	2·65	3·55	2·95
Amphibolit (Hornblende?)	2·70	3·10	3·00
Dionit	2·70	3·35	2·75
Epidosit	2·70	3·30	3·05
Gabbro	2·75	3·65	2·95
Eklogit	2·75	3·65	3·20

Die in dieser Tabelle angegebenen spezifischen Gewichte sind zum Teile einer Veröffentlichung[1]) des Straßenbauamtes der

[1]) Maximum and minimum results in rails samples corrected to Jan. 1, 1911.

Digitized by Google

amerikanischen Bundesregierung (U. S. Office of Public Roads) entnommen.

Aus den angeführten Zahlen ersieht man, daß der Dichtigkeitsgrad der zu Straßenbauzwecken dienenden Gesteinsarten außerordentlich verschieden ist; derselbe schwankt, wenn man von der Schlacke (einem künstlichen Steinmaterial) absieht, zwischen 2·00 und 3·65. Wenn auch diese äußersten Grenzwerte bei Straßenbauarbeiten nicht häufig vorkommen, so ist doch die Feststellung von Interesse, welche Raumverhältnisse bestehen würden, wenn der in der Tabelle angeführte Kalkstein und Eklogit zu Schotter gleichen Kornes zerkleinert und dann in einem bekannten Prozentsatze nach Gewicht mit einem bekannten Bitumen vermischt werden würde.

In der Annahme, daß 1 m^3 Schotter aus Kalkstein von dem spezifischen Gewichte 2·0 rund 1300 kg wiegt, würde 1 m^3 Steinschlag gleicher Korngröße aus Eklogit, dessen spezifisches Gewicht 3·65 beträgt, 2130 kg schwer sein. Bei einer 6%igen Mischung würden also im ersten Falle rund 75 kg und im zweiten Falle 138 kg Bitumen erforderlich sein, um 1 m^3 Deckmaterial zu gewinnen. Der hiernach sich ergebende Unterschied von 63 kg würde für ein bestimmtes Bitumen mit einem entsprechend großen Unterschied (etwa 45 bis 81%) in der zur Bereitung der Pflastermischung erforderlichen Bitumenmenge verbunden sein. Berücksichtigt man ferner die Schwankungen in dem spezifischen Gewichte der bituminösen Bindestoffe für Schotterstraßen, sowie den Gehalt gewisser Bitumenarten an Fremdstoffen, so erkennt man, daß bei Anwendung eines Mischungsverhältnisses der einzelnen Bestandteile des Deckmateriales nach Gewichtsteilen weit größere Unterschiede in den Raumverhältnissen vorkommen können.

Tabelle 2.

Spezifisches Gewicht bituminöser Bindemittel für Straßenbauzwecke.

Art des Materiales	Spezifisches Gewicht
Blown Oil-Gilsonite Compounds . . .	0·955 bis 0·983
Ölhaltige Asphalte	0·985 „ 1·015
Amerikanischer flüssiger Asphalt . . .	1·036 „ 1·111
Gereinigter Wassergasteer	1·160 „ 1·175
Gereinigter Kohlenteer	1·200 „ 1·300

Digitized by Google

Nach den in Tabelle 2 enthaltenen Werten für das spezifische Gewicht bituminöser Stoffe, die bei zahlreichen Untersuchungen der für Straßenbauzwecke in Frage kommenden Bindemittel ermittelt worden sind, schwankt das Gewicht der einzelnen Stoffe zwischen 1·0 und 1·28 kg für den Liter. Unter Zugrundelegung der angegebenen Zahlen in Verbindung mit den Grenzwerten für das spezifische Gewicht der für Schotterstraßen verwendeten Gesteinsarten erfordert die Bereitung einer 6%igen Mischung von raffiniertem Kohlenteer mit Kalkstein 58 l Teer für 1 m³ Deckmaterial, während bei der gleichen Mischung von „blown Oil-Gilsonite Compound" mit Steinschlag aus Eklogit 147 l des Bindestoffes benötigt werden. Ferner ist zu berücksichtigen, daß raffinierter Kohlenteer von dem spezifischen Gewichte 1·300 aller Wahrscheinlichkeit nach mehr als 30 v. H. seines Gewichtes an freiem Kohlenstoff enthalten würde, wodurch der Gehalt der Pflastermischung an wirksamem Bitumen von 58 l auf rund 46 l für je 1 m³ herabgesetzt wird. Es ist einleuchtend, daß man bei einem solchen Unterschied dem Ausdruck „6%ig" nur wenig Wert beimessen kann.

Wenn auch obige Zahlen nach den äußersten Werten berechnet sind, trifft es doch zweifellos zu, daß große Unterschiede auch bei Verwendung gewöhnlicher Gesteinsarten vorkommen können. So kann z. B. für Diabas, dessen spezifisches Gewicht zwischen 2·60 und 3·20 liegt, eine 6%ige Mischung einen Zusatz von 60 l raffiniertem Steinkohlenteer-Bitumen oder einen solchen von 128 l „blown Oil-Gilsonite Compound" für 1 m³ Steinschlag bedeuten. Hieraus geht hervor, daß die Angabe des Mischungsverhältnisses einer bituminösen Pflastermischung nach Raumteilen der einzelnen Bestandteile eine weit befriedigendere Grundlage für Vergleichszwecke darstellt als die nach Gewichtsteilen.

Der Ingenieur, der die Ausführung von bituminösen Pflasterdecken beaufsichtigt, ist selbstverständlich immer in der Lage, das Mischungsverhältnis der Bestandteile des verarbeiteten Pflastermaterials nach Raumteilen anzugeben. Wenn jedoch das bituminöse Bindemittel mineralische Stoffe oder solche organischer Natur enthält, die kein Bitumen sind, dürfte es ihm schwerfallen, den wirklichen Gehalt der Mischung an mineralischen Zuschlägen und Bitumen anzugeben. Demgegenüber wird ein Chemiker, der eine Pflastermischung untersucht, den Gehalt an mineralischen und bituminösen Bestand-

Digitized by Google

teilen nach Gewichtsteilen angeben können; dagegen wird er oft nicht in der Lage sein, die Zusammensetzung der Mischung genau nach Raumteilen zu ermitteln, weil das Raumgewicht der Zuschlagstoffe je nach der Dichte ihrer Lagerung sehr verschieden ist. Wenn der ursprünglich verwendete bituminöse Stoff mineralische Bestandteile oder organische Stoffe anderer Art als Bitumen in unbekannter Menge enthält, wird unter Umständen der Chemiker ebenfalls nicht in der Lage sein, das Mischungsverhältnis der ursprünglichen Bestandteile der Mischung nach Raum- oder Gewichtsteilen genau zu bestimmen. Außerdem wird es ihm bei der Untersuchung von Mischungen mit beträchtlichem Gehalt an feinem Material meist nicht möglich sein, das gesamte in der Mischung enthaltene Bitumen zu gewinnen, und zwar wegen der Absorptionserscheinung, wie sie wiederholt von vielen Forschern beobachtet worden ist.

Was das von den mineralischen Bestandteilen des Deckmateriales aufgesaugte Bitumen anbetrifft, das durch Lösungsmittel nicht entfernt werden kann, so dürfte es richtig sein, diesen Teil des Bitumens als unwirksam zu erachten und es unberücksichtigt zu lassen; denn es ist einleuchtend, daß dieses Bestreben des Steinmateriales, Bitumen aufzunehmen, gestillt werden muß, bevor das dem Steinschlag zugesetzte Bitumen seine Bindekraft zu entwickeln vermag. Bei grobkörnigen bituminösen Schotterdecken wird jedoch so wenig Bitumen vom Steinmaterial aufgesaugt, daß diesem Umstande kaum Rechnung getragen zu werden braucht.

Wenn auch nach vorstehendem, was die Erzielung genauester Ergebnisse anbetrifft, mehr oder weniger Unklarheit in den berührten Fragen zu herrschen scheint, hält es der Verfasser doch für möglich, daß eine rationellere (soll heißen zuverlässigere) Grundlage für den Vergleich geschaffen werden kann als die bisher benutzte. Er empfiehlt zu diesem Zwecke, daß der mit der Untersuchung eines bituminösen Deckmateriales betraute Chemiker ausführlicher als bisher berichtet und die Ergebnisse der sonst üblichen Prüfungen durch Angaben über das spezifische Gewicht sowohl der mineralischen Zuschlagstoffe wie des gewonnenen reinen Bitumens ergänzt. Wird nach diesem Vorschlage verfahren, so ist anzunehmen, daß ein praktisch brauchbarer Vergleich der verschiedenen bituminösen Bindemittel ohne besondere Schwierigkeiten ermöglicht werden wird.

Es sei z. B. der Fall angenommen, daß in dem spezifischen Gewichte sowohl der mineralischen Zuschläge wie des bituminösen

Digitized by Google

Bindemittels zweier verschiedener Mischungen erhebliche Unterschiede bestehen. Um eine Grundlage für den Vergleich zu haben, sei die Annahme gemacht, daß die Zuschlagstoffe der beiden Mischungen gleiche Korngröße haben und daß der prozentuale Gehalt der Mischungen an Bitumen nach Gewichtsteilen und die Konsistenz des Bitumens in beiden Fällen ebenfalls gleich sind. Nach der üblichen Auslegung der Untersuchungsergebnisse würden beide Mischungen gleichwertig sein. Stellt sich jedoch heraus, daß die erste Mischung aus einem Zuschlagstoffe besteht, dessen spezifisches Gewicht 2·50 beträgt, während das ausgeschiedene Bitumen ein spezifisches Gewicht von 1·17 aufweist, die zweite Mischung dagegen aus einem Zuschlagstoff mit dem spezifischen Gewichte 3·50 und einem Bitumen mit dem spezifischen Gewichte 0·960 zusammengesetzt ist, so ergibt der Prozentgehalt eines jeden Bestandteiles, dividiert durch dessen spezifisches Gewicht[1]), das wirkliche Mischungsverhältnis nach Raumteilen, wie aus der in folgender Tabelle enthaltenen Berechnung hervorgeht.

Bestandteile	Gewichts-Prozent	Spezifisches Gewicht	$\frac{\text{Gewichts-Prozent}}{\text{Spezif. Gewicht}} =$	Verhältnis nach Raumteilen	Raumverhältnis bezogen auf 100
Mischung 1					
Zuschlagstoff	94	2·50	$\frac{94}{2·50} =$	37·6	88·0
Ausgezogenes Bitumen	$\frac{6}{100}$	1·17	$\frac{6}{1·17} =$	5·1	12·0
Mischung 2					
Zuschlagstoff	94	3·50	$\frac{94}{3·50} =$	26·9	81·0
Ausgezogenes Bitumen	$\frac{6}{100}$	0·96	$\frac{6}{0·96} =$	6·3	19·0

Aus der Bestimmung des Verhältnisses nach Raumteilen („rational per cent") geht deutlich hervor, daß der Gehalt der Mischung 1 an Bitumen etwa nur zwei Drittel von dem der zweiten Mischung beträgt, während die Gewichtsprozentgehalte an Bitumen in

[1]) Richtiger wäre wohl für die Umrechnung des Mischungsverhältnisses nach Gewichtsteilen in ein solches nach Raumteilen die Anwendung des Raumgewichtes (anstatt des spezifischen Gewichtes) der Bestandteile. Anm. d. Übers.

Digitized by Google

beiden Mischungen die gleichen sind. Dieses Beispiel liefert sicherlich eine Erklärung für den Erfolg und Mißerfolg gewisser bituminöser Decken.

Zum Schlusse mag noch erwähnt werden, daß das Verhältnis nach Raumteilen nicht nur ein vollkommeneres Mittel an die Hand gibt, verschiedene der Prüfung zu unterwerfende bituminöse Mischungen miteinander zu vergleichen, sondern auch mit Vorteil dazu benutzt werden kann, in gegebenen Fällen die geeigneten Mischungsverhältnisse für bituminöse Pflasterbelege im voraus zu berechnen, wenn die Eigenschaften der Bestandteile der Mischungen vorher ermittelt worden sind.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXV3

EINFLUSS DES DURCHMESSERS DES BITUMEN-BEHÄLTERS AUF DAS ERGEBNIS DES EINDRING-VERSUCHES.

Von **Charles S. Reeve**[1]), Washington, D. C.

(Übersetzt von H. Burchartz, Berlin.)

Seit Einführung der jetzt allgemein gebräuchlichen, von Dow[2]) beschriebenen Eindringversuche sind durch die Verwendung von bituminösen Stoffen in neuer und verschiedener Form mindestens zwei neue Faktoren entstanden, die auf das Ergebnis dieses Versuches von Einfluß sind. Zu der Zeit, in der die Normen vorgeschlagen wurden, wurde der Versuch nur bei der Prüfung bituminöser Bindemittel für Straßenbauzwecke angewendet, wobei man sich zur Aufnahme der Probe einer zylindrischen Blechdose von nicht unter 6·4 cm Durchmesser bediente. Ein Behälter dieses Durchmessers nimmt bei 2 cm Höhe 50 g eines asphaltischen Bindemittels auf und bietet ferner reichlich Tiefe für die Vornahme eines Eindringversuches mit solchem Material. Da die meisten Bedingungen die Verwendung der genannten Stoffmenge für die Vornahme der Verflüchtigungsprobe vorschreiben, läßt sich die Probe vor und nach dem Erwärmen in dem gleichen Behälter untersuchen.

Die schnelle Zunahme der Verwendung von bituminösen Bindemitteln bei der Herstellung und Unterhaltung von Straßendecken hat jedoch eine lebhafte Nachfrage für Materialien dieser Art hervorgerufen, von denen viele zu weich sind, um in der flachen Schale des Prüfungsapparates untersucht werden zu können.

[1]) Straßenbauamt der amerikanischen Bundesregierung. Ministerium für Landwirtschaft, Washington, D. C.

[2]) Proc. Am. Soc. Test. Mat. Bd. III, 1903, S. 349.

Digitized by Google

Ferner hat die jetzt allgemein übliche Anwendung von 20 g schweren Proben für die Verflüchtigungsprobe[1]) es erforderlich gemacht, einen Behälter geringer Breite zu benutzen, um auf diese Weise eine Probe zu erzielen, deren Tiefe die Vornahme eines Eindringversuches mit dem Rückstand gestattet. Der amerikanische Verband für die Materialprüfungen der Technik empfiehlt[2]) für die Prüfung von Material, das weicher als 100 Eindringung ist, die Verwendung eines Aufnahmebehälters von keinem geringeren Durchmesser als 32 mm. Von dem Verein amerikanischer Zivilingenieure (American Society of Civil Engineers) wird empfohlen, bei Feststellung der Eindringtiefe von Rückständen aus den Verflüchtigungsversuchen einen 38 mm hohen Teller von 22·4 mm Durchmesser mit flachem Boden zu verwenden. Verfasser kennt jedoch gut eingerichtete Laboratorien, in denen Röhrchen von 12·5 mm Durchmesser zu diesen Versuchen angewendet werden. In einem Falle ist seine Aufmerksamkeit darauf gelenkt worden, daß zu den Versuchen hölzerne Röhrchen von weniger als 6 mm Durchmesser benutzt werden. Die besonderen Empfehlungen der oben genannten Vereinigungen scheinen darauf zu deuten, daß der Einfluß des Durchmessers der zur Aufnahme des bituminösen Stoffes dienenden Gefäße Gegenstand der Betrachtung gewesen ist. Da indessen dem Verfasser Veröffentlichungen über die Frage nicht bekannt sind, unterbreitet er der Fachwelt folgende kurze, jedoch systematische Abhandlung über diese Frage zur Berücksichtigung.

Behälter für die Proben wurden aus normalen dünnwandigen Messingröhren von 37, 31, 24, 21, 18 und 14·5 mm Innendurchmesser in Längen von etwa 25 mm geschnitten. Die Rohrstücke wurden aufrechtstehend in kreisförmigen Blechdosendeckeln aufgestellt, wodurch eine Anzahl von Behältern zur Aufnahme des Bitumens geschaffen wurde. Für die 45 mm-Größe wurde ein Glasbecher von 50 cm Inhalt verwendet. Mindestens drei und in einigen Fällen fünf Behälter einer jeden Größe wurden gleichzeitig mit dem zu prüfenden Material gefüllt und während mindestens einer Stunde in Wasser getaucht. Die Temperatur des Wassers wurde sorgfältig gleichbleibend auf Zimmerwärme gehalten; sie schwankte zwischen 23° und 25° C. Bei dem Versuch wurde eine Probe von 100 g Gewicht genau in ihrer Mitte mit einer Normal-

[1]) Proc. Am. Soc. Test. Mat. Bd. XI, 1911, S. 248.
[2]) Proc. Am. Soc. Test. Mat. Bd. XI, 1911, S. 247.

Digitized by Google

nadel Nr. 2 während 5 Sekunden belastet. In jedem Behälter wurde daher nur ein Versuch vorgenommen. Die in der Tabelle verzeichneten Ergebnisse sind das Mittel aus drei bis fünf Einzelversuchen für jede Probekörpergröße. Erwähnt mag werden, daß der größte Unterschied zwischen den Grenzwerten jeder beliebigen Versuchsreihe 3 Punkte war. Eine Ausnahme bildete nur der Versuch mit dem Kohlenteerpech, in welchem Falle der Unterschied zwischen den bei der Prüfung der 37 und 21 mm großen Probekörper ermittelten Grenzwerten 6 Punkte betrug.

Ergebnisse der Eindringversuche in Gefäßen verschiedenen Durchmessers.

Material	Mit Flußmitteln versetzter Bermudez-Asphalt		Ölasphalte				Kohlenteerpech		Wassergasteerpech		Mangelhafter Ölasphalt
Durchmesser des Behälters mm	Eindringtiefe[1]										
45	187	73	211	140	118	100	260	85	217	85	—
37	188	73	207	140	118	101	247	84	214	85	176
31	182	72	205	139	117	100	243	84	213	84	—
24	176	72	197	138	115	99	232	83	202	84	—
21	171	70	197	135	113	98	226	81	198	84	—
18	167	68	188	135	112	98	213	77	193	83	—
14·5	162	68	189	133	111	97	209	75	185	81	176
Abnahme der Eindringtiefe in v. H.[2]	13·8	6·8	10·9	5·0	5·9	4·0	19·6	11·8	14·8	4·7	0·0

[1]) Die Eindringung bezieht sich auf Hundertelzentimeter.
[2]) Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Durchmesser.

Die in obiger Tabelle vorkommenden geringen Unstimmigkeiten lassen sich auf gelegentliche Fehler zurückführen, wie solche bei Vornahme der Versuche unvermeidlich sind. In den meisten Fällen wären sie nicht in Erscheinung getreten, wenn bei Berechnung des Durchschnittswertes eine einzige besonders hohe oder niedrige Zahl ausgeschaltet worden wäre. Allgemein lassen jedoch die Versuchsergebnisse erkennen, daß die Eindringtiefe mit dem Durchmesser des bei der Probe benutzten Gefäßes abnimmt. Außerdem ist ersichtlich, daß der Einfluß der Durchmesseränderung auf Kohlenteerpech von 85 Eindringtiefe oder einen mit Flußmitteln versetzten Bermudez-Asphalt von 188 Eindringtiefe größer ist als auf einen weichen Ölasphalt von 211 Eindringtiefe; ferner

Digitized by Google

daß sie größer ist auf einen Bermudez-Asphalt von 73 Eindringtiefe als auf Ölasphalte von 100, 118 oder 140 Eindringtiefe. Aus den wenigen Versuchen, die zur Vorbereitung dieser Abhandlung ausgeführt werden konnten, scheint hervorzugehen, daß diejenigen Materialien, die von Dow als solche mit einem überwiegenden Gehalt an Flüssigkeiten mit hoher Oberflächenspannung bezeichnet worden sind[1]), unter dem Einflusse der Veränderung des Durchmessers des bei dem Eindringversuch benutzten Bitumenbehälters gegen diese Beeinflussung am empfindlichsten sind. Der Umstand, daß die Versuchsergebnisse bei den verschiedenen Materialien nicht übereinstimmend sind, läßt sich wohl auf Unterschiede in den Oberflächenspannungen der einzelnen Materialien sowie auf das stärkere Anhaften der am meisten beeinflußten Stoffe an der Nadel zurückführen. Erwähnenswert ist noch, daß bei allen Proben, ausgenommen der kleinsten Größe, weitere Eindringversuche auch an einer zwischen der Mitte und dem Rande der Probenfläche belegenen Stelle gemacht wurden. Hierbei gewonnene Versuchsergebnisse wichen jedoch von denen der Versuche, bei denen die Mitte der Probe als Angriffspunkt für die Nadel gewählt wurde, nicht ab.

Interesse verdienen die in der Tabelle unter der Rubrik „Mangelhafter Ölasphalt" aufgeführten Versuchsergebnisse. Das in Rede stehende Material wurde von einem verantwortlichen Fabrikanten geliefert und zu Vergleichszwecken mit anderen Bindestoffen bei verschiedenen Versuchsstrecken benutzt. Die mit dem Material hergestellte Strecke fiel fast augenblicklich der Zerstörung anheim. Bei der Untersuchung des Falles gaben die Lieferanten unumwunden zu, daß bei der Herstellung des Bindestoffes ein schwerer Fabrikationsfehler begangen worden war. Eine Probe dieses Materiales war die einzige, bei der die Eindringtiefe der Nadel bei kleinen wie bei großen Probekörpern gleich groß war. Abgesehen von den bemerkenswerten aus den Versuchswerten sich ergebenden Unterschieden in dem Verhalten der bituminösen Materialien erkennt man die Notwendigkeit, bestimmte Abmachungen über die Größe der zu verwendenden Probegefäße zu treffen, wenn die Lieferungsbedingungen für die in Frage kommenden Materialien streng ausgelegt werden. Da der Eindringversuch vollkommen willkürlich ist, ist die Größe der benutzten Probegefäße bedeutungslos,

[1]) Proceedings American Society of Test. Materials Bd. VI, 1906, S. 497.

Digitized by Google

sobald Gefäße einer bestimmten Größe allgemein verwendet werden. Mit Rücksicht auf die für den Verflüchtigungsversuch vorgeschriebene, auf 20 g bemessene Menge des zu prüfenden Materiales ist die Größe des Behälters zur Aufnahme der Rückstände naturgemäß beschränkt. Für diese Rückstände wird es kaum möglich sein, Gefäße von mehr als 25 mm Durchmesser zu verwenden, wenn stets eine genügende Tiefe des Materiales vorhanden sein soll, um die Vornahme des Versuches zu ermöglichen. Verfasser empfiehlt daher, nur Gefäße angegebener Größe zu verwenden. Verfasser beabsichtigt, seine Arbeiten fortzusetzen und diese hauptsächlich auf Kohlenteerpeche und die weicheren, mit Flußmitteln versetzten amerikanischen Asphalte auszudehnen, um festzustellen, wie groß das Gefäß sein muß, wenn die Versuchsergebnisse unbeeinflußt bleiben sollen. Nach dem jetzigen Stand der Untersuchungen erscheint es unzweckmäßig, Gefäße geringeren Durchmessers als 50 mm für die Eindringversuche zu verwenden. Dies gilt namentlich für Versuche, die die Ermittlung der Empfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen bezwecken.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXVI1

ÜBER EINEN VORSCHLAG DES STRASSENKONGRESSES AUF VEREINHEITLICHUNG DER PRÜFUNGSVERFAHREN FÜR STRASSENBAU-MATERIAL.

Von Prof. **A. Mesnager**, Paris, Generalberichterstatter über diese Frage.

(Übersetzung aus dem Französischen.)

Der im Jahre 1910 in Brüssel abgehaltene Internationale Straßenkongreß hat beschlossen, daß dem nächsten Straßenkongreß ein Bericht über die auf Vereinheitlichung der Prüfungsverfahren für Straßenbaumaterial hinzielenden Arbeiten des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik vorgelegt werde.

Auf Grund des zwischen dem Verbande für Materialprüfung und dem Exekutivbureau des Straßenkongreßverbandes gepflogenen Schriftwechsels hat der Präsident des Materialprüfungsverbandes vorgeschlagen, daß die wichtigsten Vorschriften über die Prüfung der Straßenbaumaterialien, und zwar des Schotters, der Pflastersteine, der Zemente, der Kalke und des Asphalts für Pflasterungen und für Straßenbeläge in jedem Lande gesammelt und dem Kongreß ein Vorschlag auf Ernennung einer Kommission unterbreitet werde, welche im Einvernehmen mit dem Exekutivbureau des Straßenkongreßverbandes, die Frage der Vereinheitlichung der genannten Vorschriften studieren möge.

Dieser Vorschlag wurde vom Vorstand des Verbandes in der Sitzung zu Dresden am 27. Jänner 1912 angenommen und es wurde mir die Ehre zuteil, zum Generalberichterstatter über diese Frage ernannt zu werden, der dem Kongresse einen Vorschlag unterbreiten soll, dahingehend, daß der Kongreß den Vorstand zu den auf Vereinheitlichung der Vorschriften des Straßenbaumateriales hinzielenden Arbeiten ermächtigen soll.

Digitized by Google

Auf Grund der Zusagen, welche von verschiedenen Seiten gemacht wurden, Zusammenstellungen der in jedem Lande geltenden Vorschriften zu liefern, wurden die angeschlossenen Berichte vorgelegt, und zwar für

1. Deutschland, von den Herren H. Buchartz und B. Stock, ständige Mitarbeiter am königl. Materialprüfungsamt Berlin-Lichterfelde;

2. Österreich, vom Herrn Professor A. Hanisch, Leiter der Versuchsanstalt am Technologischen Gewerbemuseum in Wien;

3. Belgien, vom Herrn E. Camerman, Vorstand der Prüfungsabteilung der Belgischen Staatsbahnen in Brüssel;

4. Dänemark, vom Herrn Professor H. I. Hannover, gegenwärtig Direktor der Technischen Hochschule in Kopenhagen;

5. Niederlande, vom Herrn H. M. E. Tjaden, Kapitän, Lehrer an der kgl. Militärakademie in Breda;

6. Ungarn, vom Herrn Eduard Fock, Technischem Rat in Budapest;

7. Norwegen, vom Herrn Skougard, Vorstand des Norwegischen Wegebaudirektorats, Christiania.

Alle diese Berichte enthalten interessante Angaben, aber sie sind ungleichartig ausgearbeitet und behandeln die Frage von wesentlich verschiedenen Gesichtspunkten, je nachdem ihre Verfasser Vorstände von Versuchsanstalten oder Leiter von öffentlichen Ämtern sind, welche diese Materialien verbrauchen.

Aus den Berichten in ihrer Gesamtheit ergibt sich aber nichtsdestoweniger, daß man überall von der Notwendigkeit überzeugt ist, Proben anzuwenden, die gleichzeitig im Straßenkörper selbst wie im Laboratorium gemacht werden. Die ersteren sollen dazu dienen, die Bedeutung der von den letzteren gelieferten Ergebnisse klarzustellen, so daß man später aus den letzteren allein genügend genaue Angaben erhält, um das künftige Verhalten der Straßenbaumaterialien voraussehen zu können.

Die Durchsicht dieser Berichte verrät das große Interesse, welches die mit der Straßenpflege betrauten großen Verwaltungskörper überall an den Prüfungen dieser Materialien nehmen und zeigt zugleich die Schwierigkeiten, welche ihnen eine richtige Qualitationseinteilung des Straßenbaumateriales bietet.

Digitized by Google

Man wird namentlich von der Menge verschiedener Versuche überrascht, welche gegenwärtig in Übung sind, und die ein und dasselbe Resultat anstreben.

So findet man in den verschiedenen Versuchsanstalten für die Bestimmung des Widerstandes der Steine gegen Stoß die verschiedenartigsten Verfahren. Die einen wenden Fallhämmer mit flacher Bahn an, die auf Würfel, welche auf einer widerstandsfähigen Schabotte aufruhen, niederfallen, und bestimmen die Zahl der Schläge, die zum Bruch notwendig sind. Andere verwenden Metallmassen in Gestalt von Birnen, die auf der unteren Seite abgerundet sind, während der Probekörper auf einem Kasten mit feinem und fest gerütteltem Sand liegt. Anderswo bestimmt man die Schlagarbeit, unter welcher das Probestück auf einen einzigen Schlag zerstört wird. Oder es wechselt die Fallhöhe bei jedem Schlag, indem sie immer verdoppelt wird.

Es erscheint daher eine Vereinheitlichung geboten, um die Ergebnisse der verschiedenen Versuchsanstalten untereinander vergleichbar zu machen.

Für die Materialien, welche als Kleinschlag benutzt werden sollen, sind die Prüfungsverfahren nicht weniger verschieden.

In Frankreich verwendet man seit 1878 rotierende Zylinder. In den Niederlanden eine Kugelmühle, wobei man einen ersten Versuch ohne Stahlkugeln und einen zweiten mit Stahlkugeln macht. Anderswo macht man Stopfversuche nach dem Schubertschen Verfahren oder man verwendet das Rudeloffsche Verfahren, eine bestimmte Zahl von Schlägen eines unmittelbar und kontinuierlich wirkenden Hammers oder den Schlag eines schwereren Hammers durch Vermittlung eines zwischenliegenden Holzstückes im Innern einer Holzkiste oder den Druck in einer Metallkiste.

Es wäre von großem Wert, diesen Schwierigkeiten auszuweichen, welche überdies verraten, daß man noch nicht im Besitze eines Prüfungsverfahrens ist, welches sich vor allem empfiehlt.

Man muß trachten, eine Reihe von normalen Prüfungsverfahren aufzustellen, die ebenso charakteristisch, wie gering an Zahl sind. Sie hätten sich auf folgende Straßenbaumaterialien zu erstrecken:

Pflastersteine, Schotter, Holz, in Hinsicht auf seine besondere Verwendung für Pflasterzwecke, Asphalte, Platten, Ziegel, Schlackenziegel, Kunststeine, Teer, Bitumen und Sande.

Digitized by Google

Es scheint mir überflüssig, auch die Kalke und Zemente aufzunehmen, denn die Prüfung dieser Materialien bildet bereits den Gegenstand von Vorschriften, die von früheren Kongressen angenommen wurden und ihr Studium ist bereits anderen Kommissionen zugewiesen.

Die vorerwähnten Berichte behandeln meist allgemein zwei Fragen:

1. die auszuführenden Versuche und
2. die einzuführenden Qualitätsziffern.

Die Arbeit sollte meiner Meinung nach mit der Vereinheitlichung der Prüfungsverfahren beginnen. Die Qualitätsziffern könnten erst dann nachträglich bestimmt werden, wenn man sich zuvor über die Verfahren geeinigt hat, die geeignet sind, solche Qualitätsziffern zu geben.

Ich beehre mich daher, dem Kongreß folgenden Antrag zu unterbreiten:

Der Vorstand wird ermächtigt, die auf Vereinheitlichung der Vorschriften für Straßenbaumaterial hinzielenden Arbeiten gemeinsam mit dem Exekutivbureau des Straßenkongreßverbandes durchzuführen.

Digitized by Google

XXVI1a

DIE PRÜFVERFAHREN FÜR STRASSENBAUSTOFFE IN DEUTSCHLAND.

Bericht von **H. Burchartz** und **B. Stock,** ständige Mitarbeiter des Königlichen Materialprüfungsamtes zu Berlin-Lichterfelde.

Einleitung.

Im Straßenbauwesen hat sich bereits seit langem der Mangel an einheitlichen Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Materialien, die beim Straßenbau Verwendung finden, störend bemerkbar gemacht. Zwar haben die Staatsbehörden und wohl auch die Baubehörden größerer Städte Bedingungen aufgestellt, die sie den Ausschreibungen von Straßenbauarbeiten zugrunde legen; indessen beziehen sich diese Bedingungen fast ausschließlich auf die Art und Weise der Straßenbauausführung, sowie für einzelne Stoffe auf die Form und Größe der zu liefernden Stücke (Pflastersteine, Bordsteine usw.), und nur selten enthalten sie besondere Gütevorschriften für die Lieferung und Prüfung der zu verwendenden Baustoffe. Es fehlt somit an einem zuverlässigen Maßstab und an allgemein gültigen Grundsätzen für die Beurteilung der Güte und der Verwendbarkeit der Stoffe für Straßenbauzwecke, und weder Lieferer noch Abnehmer, bzw. Verbraucher wissen, welchen Anforderungen die Stoffe genügen müssen, um als brauchbar für genannte Zwecke zu gelten. Diese unsicheren Verhältnisse, unter denen Lieferanten wie Abnehmer in gleichem Maße zu leiden haben, sind bereits mehrfach Gegenstand der Erörterung beteiligter Kreise gewesen und haben schließlich den Internationalen Verband für die Materialprüfungen der Technik veranlaßt, über Prüfverfahren zu verhandeln und Vorschläge für die Vereinheitlichung der Prüfung der beim Bau und bei der Erhaltung von Straßen und Wegen zur Verwendung gelangenden Materialien zu machen. Zu diesem Zwecke soll auch jetzt wiederum auf Anregung und Ersuchen des „Exekutivbureaus des Straßenkongreß-Verbandes“ von Fachleuten der einzelnen Länder darüber verhandelt werden,

> „welche Meß- und Prüfverfahren bezüglich des Straßenschotters, der Pflastersteine, des Kalkes, der Zemente und des für Pflasterungen und Pflasterbeläge verwendeten Asphaltes heute in den verschiedenen Ländern in Verwendung stehen, unter besonderer Hervorhebung jener, die von öffentlichen Verwaltungen amtliche Anerkennung gefunden haben und mittels derer die bei diesen Verwaltungen gebräuchlichen Hilfszahlen für die Beurteilung des verwendeten Materials bestimmt werden“.

Auf Wunsch des Internationalen Verbandes haben die Berichterstatter die Aufgabe übernommen, für Deutschland diese Dinge zusammenzustellen.

Digitized by Google

Um Aufschluß über die zurzeit bei staatlichen und städtischen Baubehörden gültigen Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Straßenbaustoffen zu erlangen, haben sich die Berichter mit einer entsprechenden Anfrage an eine Reihe von Verwaltungen genannter Art gewandt, und zwar an 5 staatliche und 10 städtische Behörden. Die hierauf eingegangenen Antworten bestätigen die eingangs erwähnte Tatsache, daß die sowohl von staatlichen wie städtischen Baubehörden erlassenen, Straßenbaumaterialien betreffenden Vorschriften sich im wesentlichen auf die Ausführung der Straßenbauarbeiten, auf die Form und Abmessungen der zu liefernden Pflasterstoffe (Pflastersteine, Bordsteine, Quadern usw.), sowie auf die Korngröße und Reinheit von Schotter, Sand und Kies beschränken. Höchstens enthalten sie noch allgemeine Bestimmungen bezüglich der Beschaffenheit und Eigenschaften der zu liefernden Materialien. So z. B. lauten sie meistens für Pflastersteine und Schotter: „Die Steine müssen aus den härtesten, zähesten und durchaus gesunden Bänken des betreffenden Steinbruches entnommen sein, aus durchaus gleichartigen, gleich hartem und gleich widerstandsfähigem Material bestehen und dürfen keine Spur von beginnender Verwitterung zeigen."

Für Kies: „Der zu liefernde Kies muß frei von erdigen, lehmigen, mergeligen und vegetabilischen Stoffen sein. Höchstens ein Fünftel bis ein Viertel seiner Gesamtmasse darf aus Sand bestehen und auch dies nur in dem Falle, wenn der Sand reiner scharfer Quarzsand ist."

Für Sand: „Der Sand muß rein, d. h. frei von allen lehmigen, erdigen, eisenhaltigen und pflanzenartigen Stoffen, ferner ohne Beimischung grober Körner sein, sich scharf anfühlen, beim Reiben in der Hand knirschen und keine Flecken in derselben geben."

Für Asphalt: „Nur bester Limmer-Asphalt oder Asphalt von gleicher Güte. Das demselben zuzusetzende Goudron muß aus Trinidad-Asphalt und bestem Paraffinöl bestehen."

Für Kalk: „Der Kalk muß von bester Güte und, seiner Natur angemessen, gehörig gebrannt sein, so daß er beim Löschen gut gedeiht und keine Steine zurückläßt; auch muß derselbe stets frisch gebrannt, unzerfallen und ganz lebendig zur Baustelle kommen. Der aus Wasserkalk bereitete Mörtel muß, unter Wasser gebracht, nach 8 Tagen bereits eine merkliche Bindung und Erhärtung zeigen, nach 4 - 6 Wochen aber vollständig erhärtet sein."

Nur in sehr wenigen Fällen sind auch für einzelne Eigenschaften der Stoffe zahlenmäßige Mindestforderungen (Güteziffern) und zur Ermittlung dieser Eigenschaften bestimmte Prüfungsverfahren festgelegt.

Materialien für Straßen und Gehwege.

Nach den Erfahrungen der Berichterstatter und nach den auf die erwähnte Umfrage eingelaufenen Auskünften handelt es sich beim Straßenbau im wesentlichen um folgende Materialien:

I. Eigentliche Pflastersteine.

A. Natürliche Stoffe.

1. Bruchsteine (Pflastersteine und Schotter),
2. Holz.

Digitized by Google

B. Künstliche Stoffe.

1. Asphalt (Stampf- und Gußasphalt),
2. Klinker,
3. Schlackensteine (gegossene Schlacke),
4. Gehwegplatten (Zement-, Beton-, Granitoid- usw. Platten).

II. Nebenstoffe.

A. Bindestoffe.

1. Zement,
2. Kalk,
3. Teer.

B. Zuschlagstoffe

1. Sand,
2. Schotter (Kies, Steinschlag usw.).

Prüfungsverfahren.

Die ersten Anregungen zur Aufstellung einheitlicher Prüfungsverfahren für künstliche und natürliche Pflaster- und Schottermaterialien wurden in Deutschland gelegentlich der ersten „Münchner Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden" gegeben, die am 22. bis 24. September 1884 abgehalten wurde. Positive Vorschläge wurden bei dieser Gelegenheit allerdings nicht gemacht, sondern nur der Beschluß gefaßt, eine Kommission mit der Aufstellung der erforderlichen Prüfungsverfahren zu beauftragen.

Auf der zweiten und den nächstfolgenden Konferenzen im September 1886 und 1890 und im Mai 1893 wurden die Arbeiten der Kommission vorgelegt, deren Gesamtergebnis sich in folgenden Vorschlägen zusammenfaßt.

Für erforderlich werden erachtet:

1. Angaben über die petrographische und geologische Bezeichnung,
2. Angaben über Verwendungszweck,
3. Bestimmung des spezifischen Gewichtes,
4. Prüfung auf Frostbeständigkeit an Probestücken einheitlicher Größe und wird dafür, besonders im Hinblick auf die Zementkörper, 7 cm Kantenlänge bestimmt.

Die Frostprobe besteht in:

a) Ermittlung der Druckfestigkeit der wassergesättigten Proben;
b) Ermittlung der Druckfestigkeit der wieder getrockneten Proben nach 25maligem Gefrieren und Wiederauftauen im Vergleich mit der Trockenfestigkeit;
c) Ermittlung des Gewichtsverlustes der 25mal gefrorenen Proben, wobei die durch das Gefrieren mechanisch abgetrennten und die in einer bestimmten Menge Wasser löslichen Bestandteile zu berücksichtigen sind,
d) Besichtigung der gefrorenen Proben unter der Lupe, insbesondere Feststellung von Rissen und Absplitterungen.

Zu verwenden sind je 6 Probekörper für Druckversuche im trockenen, im wassergesättigten und im gefrorenen und wiederaufgetauten Zustande, und zwar je drei senkrecht und drei parallel zum Lager.

Digitized by Google

Bei Ausführung der Frostproben ist auf folgendes zu achten:

a) bei der Wasseraufnahme sind die Würfel zuerst nur 2 cm tief ins Wasser zu tauchen und erst nach und nach vollständig unter Wasser zu bringen;
b) zum Eintauchen soll destilliertes Wasser von 15 bis 20° C verwendet werden;
c) die wassergesättigten Proben sollen einer Temperatur von —10 bis —15° C ausgesetzt werden;
d) das Auftauen erfolgt in einer bestimmten Menge destillierten Wassers von 15 bis 20° C.

5. Die Prüfung der Trottoirsteine geschieht, ihrer Beanspruchung auf der Straße entsprechend, durch Ermittlung der Abnutzbarkeit nach dem von Bauschinger in Heft XI seiner Mitteilungen veröffentlichten Verfahren.

Bei gebrannten Steinen ist die Gleichmäßigkeit der Abnutzung von der äußeren Brandhaut nach dem Innern durch Wiederholung des Versuches am selben Stück zu ermitteln.

6. Die Feststellung des Wertes von Gesteinen als Schotter- oder Pflastermaterial kann in erledigender Weise nur durch Anlage von Versuchsstraßen erfolgen, die tunlichst gleichem Verkehr ausgesetzt sind.

7. Zur schnelleren Ermittlung des Wertes von neu auftretenden Schotter- und Pflastermaterialien als durch Versuchsstraßen ist die Ausmittlung eines Prüfverfahrens erforderlich.

Entsprechend ihrer Inanspruchnahme durch gleichzeitiges Abschleifen und Abschlagen wird die Untersuchung in Drehtrommeln nach dem in Frankreich gebräuchlichen Verfahren empfohlen.*) (Vergleiche Dietrich, Die Baumaterialien der Steinstraßen.) Zur Erhöhung der Schlagwirkung erscheint jedoch die Vergrößerung dieser Trommeln auf 0,3 m Durchmesser und 0,5 m Höhe als notwendig. Auch die Umdrehungsgeschwindigkeit dürfte zu steigern sein.

Die Herstellung des Probeschotters sollte zur Erzielung größerer Einheitlichkeit durch den Prüfenden bewirkt werden.

Die Übereinstimmung der Ergebnisse dieser Prüfungsart mit den auf Versuchsstraßen gewonnenen Ergebnissen ist zu prüfen.

8. Neben dieser Trommelprobe ist bei Schottermaterialien Ermittlung der Druckfestigkeit an Würfeln von 5 bis 7 cm Seite zu prüfen.

9. Die Pflastersteine sind auf Politurfähigkeit (Glattwerden) zu prüfen.

10. Die Prüfung soll sich auf die geringste, mittlere und beste zur Lieferung bestimmte Gattung des betreffenden Materials ausdehnen.

11. Die Prüfung von Asphalt kann in erschöpfender Weise nur durch Anlage von Probestraßenstrecken erfolgen.

Ein mit den Ergebnissen dieser Prüfung übereinstimmendes Urteil vermag man sich zu bilden:

a) Durch Bestimmung der Menge und Qualität des Bitumengehaltes (ob der Bitumen natürlich oder künstlich);
b) durch physikalische und chemische Bestimmung des Rückstandes;
c) durch Untersuchung von Probekörpern aus dem zur Verwendung kommenden Straßenmaterial auf Widerstand gegen Eindringen der Vicatschen Normal-Nadel (Pistill) von 1 qcm kreisförmigem Querschnitt;

*) Das Verfahren ist weiter unten unter 11. näher beschrieben.

Digitized by Google

d) durch Prüfung der Abnutzung mittels Abschleifens;

e) durch Prüfung der Frostbeständigkeit.

Diese Verfahren waren zu jener Zeit und sind auch noch heute zum Teil an den amtlichen Versuchsanstalten der deutschen Bundesstaaten und anderen Prüfstellen im Gebrauche. Neben diesen Verfahren sind inzwischen noch andere Methoden zur Prüfung von Straßenbaustoffen ersonnen und ausgebildet worden, ohne daß es indes bisher zu einer Vereinheitlichung dieser Verfahren gekommen ist.

Diese Vorbemerkungen lassen erkennen, daß die Aufgaben, die die Berichter zu bearbeiten hatten, nur zum Teil eine einigermaßen befriedigende Lösung finden konnten. Die Berichter mußten sich im wesentlichen darauf beschränken, diejenigen Versuchsverfahren aufzuführen und zu schildern, die in Deutschland, sei es an amtlichen Prüfämtern, sei es an anderen Versuchsanstalten, in Anwendung sind. Von der Hervorhebung derjenigen Verfahren, die von amtlichen Verwaltungen Anerkennung gefunden haben (zweiter Teil der Aufgabe), mußte abgesehen werden, da Versuchsverfahren, die Anspruch auf allgemeine Anerkennung und Gültigkeit machen können, wenn man von den in den Normen für Portlandzement und Eisenportlandzement enthaltenen absieht, nicht bestehen. Ebenso konnte der dritte Teil der Aufgabe, nämlich die bei amtlichen Verwaltungen gebräuchlichen Hilfszahlen für die Beurteilung der verwendeten Materialien festzustellen, nur unvollkommen erfüllt werden, da solche Ziffern nur in sehr beschränktem Umfange vorlagen. Auf diese Güteziffern wird am Schlusse des Berichtes zurückgekommen, soweit sie nicht für Portlandzement und Eisenportlandzement sowie neuerdings auch für Kalk (für diesen Stoff allerdings nur inoffiziell) einheitlich festgelegt sind.

Nachstehend seien die Verfahren, die in Deutschland für die Prüfung von Straßenbaustoffen bekannt und mehr oder weniger gebräuchlich sind, aufgeführt und beschrieben, und zwar an Hand der Eigenschaften, die einerseits für die allgemeine Beurteilung der Straßenbaustoffe, andererseits für die besondere Bewertung der Brauchbarkeit derselben für den jeweiligen praktischen Verwendungszweck in Frage kommen.

Diese Eigenschaften sind für die verschiedenen Straßenbaustoffe in der Anlage 1 zusammengefaßt.

Beschreibung der Versuchsverfahren.

I. Eigentliche Pflasterstoffe.

1. Bruchflächenbeschaffenheit.

Zur Kennzeichnung der äußeren Beschaffenheit des Gesteins werden Farbe, Beschaffenheit des Gefüges und Aussehen der frischen Bruchfläche bestimmt.

2. Petrographische und geologische Beschaffenheit.

Aus den Steinen werden Dünnschliffe gefertigt und durch mikroskopische Untersuchung derselben die Art, Menge und Korngröße der Gemengteile, aus denen sich das Gestein zusammensetzt, festgestellt und die richtige petrographische Bezeichnung bestimmt. (Näheres siehe unter Absatz 2 ff.)

Digitized by Google

3. Raumgewicht (r), spezifisches Gewicht (s), Dichtigkeitsgrad (d) und Undichtigkeitsgrad (u).

a) Raumgewicht (d. h. das Gewicht der Raumeinheit einschließlich der Porenräume). Das Raumgewicht wird entweder durch Ausmessen und Auswägen der Probekörper, falls es sich um regelmäßig geformte Stücke (Würfel) handelt, aus dem Quotienten $\frac{\text{Gewicht}}{\text{Rauminhalt}} = \frac{G}{J}$ oder bei unregelmäßigen Versuchsstücken mit Hilfe des Wassersättigungsverfahrens bestimmt.

Hienach werden ermittelt das Gewicht des getrockneten Probekörpers an der Luft (G_1), das Gewicht des wassergetränkten Probekörpers an der Luft (G_2) und das Gewicht des wassergetränkten Körpers im Wasser (G_3).

Aus der Formel $\frac{G_1}{G_2 - G_3}$ berechnet sich r in Kubikzentimetern.

b) Spezifisches Gewicht (d. h. das Gewicht der Raumeinheit des lückenlosen Materials). Das getrocknete Material wird zu feinem Pulver von bestimmter Korngröße zerkleinert und mit Hilfe von Raummessern (Bauart Schumann, Meyer, Erdmenger-Mann*) usw.) bestimmt.

c) Dichtigkeitsgrad (Gehalt der Raumeinheit an fester Masse) und Undichtigkeitsgrad (Gehalt der Raumeinheit an Hohlräumen). Der Dichtigkeitsgrad berechnet sich aus dem Quotienten $\frac{r}{s} = d$ und der Undichtigkeitsgrad aus der Differenz $1 - d = u$.

4. Wasseraufnahme, Quellvermögen und Schwinden.

a) Wasseraufnahme und -Abgabe. Die Proben werden bis zur Gewichtsgleichheit getrocknet, gewogen (G_{tr}), dann allmählich in Wasser getaucht und so lange in Wasser gelagert, bis Gewichtsgleichheit (G_w) erreicht ist.

Bestimmt werden die Wasseraufnahme in Gewichtsprozenten (W_g) aus der Formel: $\frac{G_w - G_{tr}}{G_{tr}} \cdot 100$, die Wasseraufnahme in Raumprozenten (W_r) aus der Formel: $\frac{r \cdot (G_w - G_{tr})}{G_{tr}} \cdot 100$ und der Grad der Porenfüllung (u_w) aus der Formel $\frac{W_r}{u\ 100}$.

Die Wasserabgabe wird bestimmt, indem die Proben so lange an der Luft gelagert werden, bis Gewichtsgleichheit eingetreten ist; die erforderliche Zeitdauer wird vermerkt.

b) Quellen und Schwinden (nur bei Holz). Die Längenänderungen regelmäßiger Probekörper (Würfel) werden bei Wasserlagerung (siehe oben) bis zur Wassersättigung sowie beim Wiedertrocknen an der Luft und im Trockenschrank ($\sim 98^0$ C) in den drei Richtungen: tangential, radial und längs zur Achse mittels Mikrometerschraube an angezeichneten Stellen bestimmt.

*) Vergleiche „Mitteilungen aus den Königl. techn. Versuchsanstalten“ 1904, S. 217.

Digitized by Google

5. Frostbeständigkeit (Wetterbeständigkeit).

Die Probestücke werden mit Wasser getränkt und hierauf 25mal abwechselnd in einem Kühlraum, der mit Hilfe von Kältemaschinen (Schwefeligsäureverfahren) gekühlt wird, ausgefroren (je etwa 20 Stunden lang) und in Wasser von Zimmerwärme aufgetaut.*) Nach jedesmaligem Gefrieren und Auftauen wird das Gewicht der Proben festgestellt. Etwaige äußerlich wahrnehmbare Beschädigungen (Abbröcklungen, Risse usw.) werden vermerkt.

Ein besonderes Verfahren zur Bestimmung der eigentlichen Wetterbeständigkeit von Baustoffen ist bisher noch nicht festgelegt. Neuerdings hat Geh. Regierungsrat Professor Dr. Hirschwald auf Grund umfangreicher Versuche Vorschläge zur Ermittlung der Wetterbeständigkeit von natürlichen Steinen gemacht.

Er gründet seinen Vorschlag in der Hauptsache auf

a) äußere Prüfung der Bruchflächenbeschaffenheit,
b) mikroskopische,
c) physikalische,
d) mechanische und
e) chemische Prüfungen.

Die Prüfung zu a siehe oben.

Die Prüfung zu b bezweckt:

1. In Verbindung mit a die petrographische Festlegung des Gesteins;
2. die Ermittlung seines Gefüges in allen Einzelheiten (Größe, Form, Bindungs- und Verteilungsart der Gesteinskörner, Art und Verteilung der etwa vorhandenen Bindemittel und Zwischenmassen);
3. die Ermittlung der etwaigen Poren, Risse und Schichtung nach Form und Verteilungsart.

Die Prüfung zu c befaßt sich mit der Ermittlung der Wasseraufsaugung nach Art und Menge sowie des spezifischen und des Raumgewichtes (s. oben).

Die Prüfung zu d ermittelt die Festigkeit der Kornbindung, die Erweichungsfähigkeit (Zugfestigkeit von trockenen und wassergesättigten Proben) und die Frostbeständigkeit des Gesteins (s oben).

Die Prüfung zu e bildet eine nur in besonderen Fällen notwendige Ergänzung. Bei den bindemittelhaltigen Gesteinen dient sie in Verbindung mit der Schlämmprobe zur Bewertung des Bindemittels.

Zur Bezeichnung des Grades der Wetterbeständigkeit hat Hirschwald die Gesteine in fünf Klassen geteilt. Die aus den Prüfungen a bis e gezogenen Ergebnisse werden zahlenmäßig unter Zuhilfenahme von Hirschwalds eigens zu diesem Zwecke ausgearbeiteten Tabellen ausgedrückt. Die Zusammenfassung aller Zahlen soll dann die Wetterbeständigkeitsklasse des Materials ergeben.

6. Härte.

Die Härte wird meist durch Ritzversuche an Hand der Mohsschen Skala ermittelt.

*) Vergleichende Gefrierversuche mit künstlichen Baustoffen in der Kühlgrube und in einem Gefrierkasten, der mit Hilfe einer Kältemischung (gestoßenes Eis und Salz) abgekühlt war, haben ergeben, daß die letztere Probe wesentlich schärfer ist als erstere, was darauf zurückzuführen ist, daß die Temperatur in den Gefrierkasten schneller sinkt und daher das Wasser an den Probestücken schneller zum Gefrieren gebracht wird als in der Kühlgrube.

Digitized by Google

7. Druckfestigkeit.

Aus dem zu prüfenden Material werden würfelförmige Körper von 3 bis 7 cm Kantenlänge herausgeschnitten und entweder trocken, wassersatt oder nach 25maligem Gefrieren wassersatt der Druckprobe unterzogen.

Für die Prüfung von Stampfasphalt werden Würfel von 7,1 cm Seitenlänge in Formen gestampft und für Gußasphalt Würfel in gleicher Größe in Formen gegossen. Nach gewisser Erhärtungsdauer werden die Würfel der Druckprobe unterzogen.

8. Widerstand gegen Abnützen.

a) Schleifversuche. Die Probestücke werden bei 100° C getrocknet und auf einer Schleifmaschine (Bauart Bauschinger) bei 30 kg Belastung (ausschließlich Eigengewicht) bei einer geschliffenen Fläche von 50 qcm, also bei einem Drucke von 0,6 kg qcm, bei 608 m gesamtem Schleifwege (440 Umdrehungen), bei 22 cm mittlerem Halbmesser der schleifenden Fläche und bei nahezu 0,69 m/sec. Geschwindigkeit (30 Umdrehungen in der Minute) unter Anwendung von je 20 g Naxosschmirgel Nr. 3 auf je 22 Scheibenumgänge geschliffen. Vor der Schmirgelaufgabe wird jedesmal das abgeschliffene Material samt den Schmirgelresten entfernt.

Der Gewichtsverlust nach 440 Umdrehungen der Schleifscheibe dividiert durch das Raumgewicht des Materials ergibt die Abnützungsziffer in Kubikzentimetern.

b) Verlust auf dem Sandstrahlgebläse. Neuerdings werden die Proben trocken oder lufttrocken dem unter 3 Atmosphären Dampfdruck stehenden Sandstrahl eines Gebläses zwei Minuten lang ausgesetzt. Zur Erzielung gleichmäßiger Beanspruchung wird die kreisrund abgeblendete Angriffsfläche der Probe mit Hilfe eines Planetenradgetriebes langsam über dem Sandstrahl hin- und herbewegt. Die Angriffsfläche hat gewöhnlich 6 cm Durchmesser, d. h. 28 qcm.*)

9. Widerstand gegen Stoßbeanspruchung.

a) Stoßfestigkeit. Die Stoßfestigkeit wird durch Fallversuche (gewöhnlich an lufttrockenen Proben) ermittelt.

Als Fallgewichte dienen birnenförmige eiserne Körper von verschiedenem Gewicht, die unten abgerundet sind und so aufgehängt werden, daß sie aus gemessener Höhe auf die Oberflächenmitte der Probe fallen.**) Die Proben werden in einem Kasten auf gesiebten und fest eingerüttelten Sand aufgelegt und durch Verschieben mit der Hand fest angedrückt.

Die Versuche sollen tunlichst die Schlagarbeit ermitteln, unter der die Probe mit einem Schlage gerade zerstört wird.

Die Art der Zerstörung wird festgestellt und die Arbeitsleistung in Meterkilogrammen angegeben.

---

*) Vergleiche „Mitteilungen aus dem Königl. Materialprüfungsamt“ 1904, S. 103 u. ff.

**) Vergleiche „Mitteilungen aus den Königl. techn. Versuchsanstalten“ 1903, S. 222. A. Martens und M. Guth, Denkschrift zur Eröffnung des Königl. Materialprüfungsamtes 1904, S. 355, Fig. 382, Verlag Julius Springer, Berlin.

Digitized by Google

b) Zähigkeitsprüfung*) (Verfahren Föppl). Die Prüfung erfolgt durch Schlagversuche an Würfeln von 3,5 cm Kantenlänge. Wenn der Rauminhalt des Würfels gerade 25 ccm beträgt, so wird der erste Schlag des 50 kg schweren Hammers aus 1 cm Höhe, entsprechend einer spezifischen Schlagarbeit von $\frac{50 \cdot 1}{25} = 2$ cm/kg/ccm, ausgeübt. Bei einem anderen Rauminhalt erfolgt der erste Schlag aus einer in demselben Verhältnis geänderten Höhe, also z. B. bei 50 ccm aus 2 cm Höhe. Auf den ersten Schlag erfolgt auf denselben Körper ein zweiter aus der doppelten, dann ein dritter aus der dreifachen Höhe usf. bis zum Bruch des Würfels. Als Maß der Widerstandsfähigkeit wird die bis zur Zerstörung aufgewendete Arbeitsleistung betrachtet. Die in Zentimeterkilogrammen ausgedrückte gesamte Arbeitsleistung während des Versuches dividiert durch den Raum in Kubikzentimetern wird als Wertziffer bezeichnet.

Als Maß der Sprödigkeit wird das Verhältnis

$$s = \frac{\text{Wertziffer in Zentimeterkilogrammen für 1 ccm}}{\text{Druckfestigkeit}}$$

angegeben.

Föppl gibt als Wertziffer für die Beurteilung der Granite 216,7 an.

Für Basalte sind durchschnittliche Wertziffern von 675, 766, 819, 555, 263, 270 und 300, für Grauwacke 537 und für Sandsteine 15 bis 25 gefunden. Von der Angabe eines Durchschnittswertes für diese drei Materialien, der für die Beurteilung späterer Ergebnisse als Maßstab dienen könnte, wird einstweilen abgesehen.

10. Bestimmung der Korngröße (Schotter).

Die Steingröße (Korngröße) wird entweder mittels Ringen (sogenannte „Lehre") von bestimmter lichter Weite oder durch Siebversuche unter Verwendung von Sieben mit bestimmten Maschenweiten festgesetzt. Die Lehren sind in verschiedenen Ländern verschieden. In Baden hat der Ring 4,5 cm, im Elsaß 4 bis 6 cm, in Württemberg 5 cm lichten Durchmesser usf. Bei den Siebversuchen ist das Ergebnis von der Gleichmäßigkeit des Siebgewebes, der Neigung der Siebe und von der Intensität der Siebbewegungen abhängig. Als Probenmaterial haben sich am besten würfelförmige Stücke von 3,5 bis 5 cm Seitenlänge bewährt; handelt es sich um Material für den Unterbau der makadamisierten Straßen, so werden Würfel von 5 bis 7 cm Seite verwendet.

11. Widerstand gegen Abnutzen und Zertrümmern durch Schleifen und Stoß (Verfahren Deval, Trommelprobe).**)

Die Beanspruchung erfolgt in Schütteltrommeln, von denen mehrere (bis zu vier) auf einer Welle sitzen. (Vergl. Fig. 1.) Durch Siebversuche wird festgestellt, um wieviel die Korngröße nach einer bestimmten Anzahl von Umdrehungen abgenommen hat. Zum Versuche wird das Material gewaschen und auf Sieben von 60 cm Maschenweite abgesiebt. Dann werden 5 kg in jede Trommel aufgegeben. Nach 10.000 Umdrehungen (etwa 5 Minuten) wird das

*) Mitteilung aus dem mech.-techn. Laboratorium der Königl. techn. Hochschule München, Heft 30, und Zentralblatt d. Bauv., Jahrgang 1909, S. 660.

**) Ann. des ponts et chaussees 1879 und Bulletin du Ministère des Travaux publics 1881.

Digitized by Google

Material von neuem gewaschen und nach dem Trocknen auf Sieben mit 1,6 cm Maschenweite abgesiebt. Das durchgehende Material wird gewogen; der so festgestellte Gewichtsverlust gibt den Grad der Abnutzung.

Die Versuche ergeben nur relative Werte; daher sind zum Vergleich Parallelversuche mit einem bekannten Material notwendig. Deval schreibt Phorphyr bestimmter Herkunft vor.

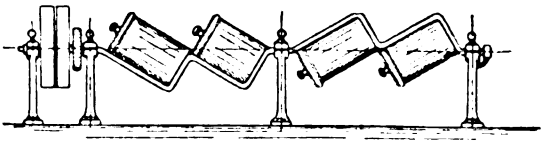


Fig. 1.

In Frankreich und Baden sind verschiedene Gesteine hiernach geprüft und aus ihnen dann Probestraßen angelegt. Auf diese Weise sollen bestimmte Beziehungen zwischen den Versuchsergebnissen und dem Verhalten des Schotters im Betriebe gewonnen werden.

12. Widerstand gegen gleichzeitige Schlag- und Bohrbeanspruchung (Verfahren Siebeneicher).*)

In einer Maschine, ähnlich einem Pochwerk, wird eine 35,5 kg schwere Welle, die am unteren Ende einen Kreuzbohrer aus Gußstahl von 25 mm Durchmesser trägt, aus 25 mm Hubhöhe auf die Probe herabfallen gelassen, wobei die Welle jedesmal ein wenig gedreht und das Bohrloch mit Wasser ausgespült wird. Nach je 20 mm Bohrtiefe wird der Bohrer ausgewechselt. Als Maß der Widerstandsfähigkeit wird die Anzahl der Schläge bestimmt, die zur Erzielung von 80 mm Bohrlochtiefe erforderlich ist. Das Verfahren hat keine weitere Verbreitung gefunden; es ist unzuverlässig, da der Wirkungsgrad von den Eigenschaften der Bohrer und von den örtlichen Eigenschaften der Probe abhängt.

13. Stopfbarkeit durch Stopfversuche (Verfahren Schubert).**)

In einem starken Kasten aus Eisenblech von 95 cm Länge, 15 cm Breite und 30 cm Höhe wird ein 15 cm langes Schwellenstück mit dem zu prüfenden Material eingebettet und die Schwelle dann mit einer besonderen Vorrichtung abwechselnd be- und entlastet. Die Beziehung zwischen Belastungszahl und Senkung der Schwelle wird beobachtet. Sobald letztere 20 mm beträgt, wird von neuem aufgestopft und der Versuch fortgeführt. Nach sechs Stopfungen gilt der Versuch als beendet. Dann wird das gesamte Material aus dem Kasten entfernt, getrocknet und durch Absieben die unter 12 mm Korngröße zerkleinerte Menge ermittelt. Ihre Größe sowie ihr Gehalt an Material mit höchstens 2 mm Korngröße und an Staub liefern die Vergleichswerte für den Verbrauch an Bettungsmaterial und die Güte des betreffenden Gesteins.

*) Deutsche Bauzeitung 1879.

**) Vergleiche Schubert, Schwellenquerschnitt, Schwellenabstand und Bettungsstoff im Eisenbahngleise, Berlin 1897, von Wilhelm Ernst & Sohn.

Digitized by Google

Zum Vergleich müssen alle Gesteinsarten unter den gleichen Versuchsbedingungen, also mit Schwellen gleicher Form, mit gleicher Anzahl Stopfungen und gleicher Anzahl Stopfschläge für die gleiche Stopfungsreihe und gleichgroßen Belastungen, geprüft werden.

14. Widerstand gegen den Schlag mit der Stopfhacke gegen stoßweise wirkende Druckbelastung (Schwellendruck) und gegen Druck (Verfahren Rudeloff).*)

Der Schotter (Steinschlag oder Kies) wird durch Absieben auf sechs Sieben von **6, 12, 19, 25, 32** und 50 mm Maschenweite in sieben Korngrößen getrennt und deren Gewichtsanteil ermittelt. Das feinste, durch das Sechsmillimetersieb hindurchgehende Material wird nicht verwendet, die übrigen Korngrößen werden getrennt untersucht.

a) Schlagversuche mit der Stopfhacke. Etwa 5 kg von gleicher Korngröße werden in einem starkwandigen Kasten aus Holz unter einem Dauerfallwerk (Bauart **Martens**, vergl. „Mitteilungen aus den Königl. technischen Versuchsanstalten", 1893, S. 177) einer bestimmten Anzahl von Schlägen ausgesetzt. Der Fallbär trägt einen eisernen Beschlag (Fig. 2) von Form und Abmessungen einer Stopfhacke. Das Fallgewicht beträgt etwa 9,6 kg, die Schlagarbeit für einen Schlag **2,07** m/kg. Nach **100, 300, 600** und 800 Schlägen, d. h. nach Ausübung von **207, 621, 1242** und **1656** m/kg Schlagarbeit wird der Kasten entleert, der Schotter wieder durch die ursprünglich benutzten Siebe gesiebt und die Gewichtsmengen der verschiedenen Korngrößen festgestellt. Alle Teile werden dann wieder durchgemischt und zur Fortsetzung der Versuche bis zur nächsten Schlagzahl benutzt. Der Grad der Zertrümmerung, besonders die Abnahme des Gehaltes an Material der ursprünglichen Korngröße und die Menge des entstandenen Feinsten (durch das Sechsmillimetersieb durchgehend) dienen zum Vergleiche verschiedener Materialien.

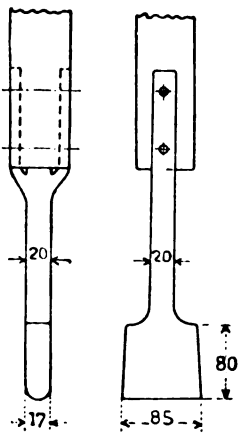


Fig. 2.

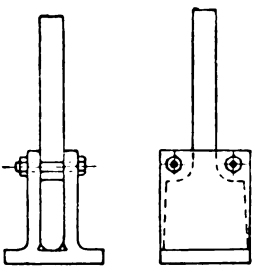


Fig. 3.

*) „Mitteilungen aus den Königl. techn. Versuchsanstalten", Jahrgang 1897, S. 279 u. ff.

Digitized by Google

b) Widerstandsfähigkeit gegen stoßweise wirkende Druckbelastung (Schwellendruck). Versuche wie unter a werden mit den gleichen Vorrichtungen wie oben ausgeführt, nur der Beschlag des Fallbären nach Fig. 3 geformt und die Kastenfüllung mit einem starken, eisenbeschlagenen Holzdeckel bedeckt, damit sich beim Aufschlagen des Bären der Kleinschlag nur gegeneinander und gegen Holz reiben kann. Das Schlaggewicht beträgt etwa 15 kg, die Schlagarbeit für einen Schlag 3,17 m/kg. Das wiederholte Durchsieben des Kleinschlages zur Feststellung der Zertrümmerung erfolgt nach 500, 1000, 1500 und 2500 Schlägen, d. h. nach den Gesamtschlagarbeiten von 1585, 3170, 4755 und 7925 m kg.

c) Widerstandsfähigkeit gegen Druck. Das Probenmaterial wird in einen starkwandigen eisernen Behälter von 118 mm lichter Weite nach Fig. 4

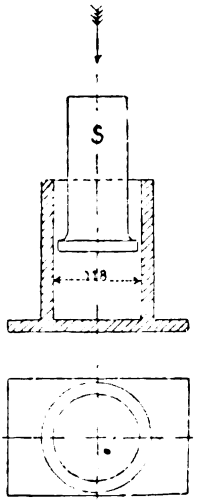


Fig. 4.

unter einem Stempel von 116 mm Durchmesser mit 20.000 kg belastet und die Zertrümmerung durch erneutes Durchsieben der Füllung festgestellt. Die Auffüllhöhe des Kleinschlages im Behälter beträgt im eingerüttelten Zustande etwa 10 cm.

Diese Versuche dienen zugleich zur Ermittlung des Verhaltens gegen Nässe und Frost.

Sie werden daher angestellt:

α) mit trockenem Kleinschlag;

β) mit Kleinschlag, der etwa 4 Wochen im Wasser gelegen hat;

γ) mit nassem Kleinschlag, der 25mal ausgefroren wird, in gefrorenem Zustande;

δ) mit nassem Kleinschlag, der 25mal ausgefroren wird, in aufgetautem Zustande.

Digitized by Google

15. Verhalten bei Beanspruchung im praktischen Betriebe.

a) Versuchsstraßen. Die Untersuchung geschieht durch Anlegung von Versuchsstraßen, wobei die Straßenabnutzung entweder durch Aufgraben des Straßenkörpers und genaue Untersuchung desselben oder durch die Aufnahme von Profilquerschnitten bestimmt wird. Derartige Versuchsstraßen sind in Bayern*) und Württemberg angelegt worden. Die Hoffnungen, die man in die Versuchsstraßen zur Erprobung der Straßenbaumaterialien gesetzt hat, sind nicht erfüllt; die Versuche werden daher nicht weitergeführt.**)

b) Versuchsbahn in Oranienburg.***) Eine Versuchsbahn in Oranienburg dient in erster Linie dem Zwecke der Erprobung des Oberbaues; deshalb sind mehrere voneinander abweichende Oberbauarten zum Einbau gelangt. Verschiedene Schienenarten, Holz- und Eisenschwellen, Stoßanordnungen, Bettungsstoffe usw. werden unter gleichen Bedingungen im Betriebe erprobt und sorgfältig in bezug auf Abnutzung beobachtet. Die Prüfung des Steinschlages und seines Verschleißes erfolgt insbesondere durch Bestimmung des Vergleiches der Korngröße beim Einbau und nach längerer Benutzung. Es steht noch nicht fest, ob dieses Verfahren von Erfolg sein wird. Die Anlage ist eine in sich geschlossene Bahnstrecke, die aus zwei Halbkreisen von je 200 m Halbmesser und zwei geraden Verbindungsstrecken von je 250 m Länge besteht. Die Gesamtlänge der Rundbahn beträgt 1,75 km.

16. Wasserdichtigkeit.

Auf fünf getrocknete Proben wird je ein mit Teilung versehenes Glasrohr von 3,5 cm Durchmesser wasserdicht aufgekittet und 25 cm hoch mit Wasser gefüllt.

In besonderen Fällen werden die Proben oder Stücke von ihnen mit einem etwa 10 cm hohen Wachsrand versehen, so daß das Wasser die ganze Fläche des Probestückes bedeckt. Das Verhalten der Proben gegen das eindringende Wasser (Durchfeuchten, Durchtropfen) sowie (bei der Probe mit dem Glasrohr) die aufgesogenen Wassermengen werden festgestellt.

17. Widerstand gegen Eindrücken bei verschiedenen Wärmegraden (Asphalt).

Die Asphaltplatten, gewöhnlich quadratische Stücke von 12 cm Seitenlänge und einer der laufenden Fabrikation entsprechenden Dicke (5 cm), werden auf die im Kugellager bewegliche Druckplatte einer Presse gelegt. Auf die Oberseite der Asphaltplatte wird dann ein Stahlstempel von 4,2 cm Durchmesser (13,85 qcm), Querschnitt mit ebenen Endflächen und 3 cm Höhe gesetzt und dieser zunächst so weit belastet, bis ein merklicher Eindruck auf der Oberfläche des Versuchsstückes sich zeigt; sodann wird die Belastung fortgesetzt, bis Rißbildung eintritt.

18. Gehalt an leichtlöslichen Salzen; Auswitterung (Klinker).

Aus dem Innern von zehn Steinen werden mehrere Stücke entnommen und derart zerkleinert, daß auf dem Siebe von 600 Maschen auf 1 qcm kein Rückstand

*) Über Bestimmungen von Qualitätskoeffizenten für die auf den bayerischen Staatsstraßen verwandten Deckmaterialien und die Grenzen ihrer Verwendung. Vom königl. bayer. Oberbaurat J. Schmid, Zeitschrift für Baukunde 1882, S. 3.

**) Loewe, Straßenbaukunde, C. W. Kreidels Verlag, Wiesbaden 1906.

***) Glasers Annalen, 1909, S. 263.

Digitized by Google

verbleibt. 50 g des Pulvers werden mit etwa 700 ccm destillierten Wassers in einem Kolben von 1 l Inhalt auf dem Wasserbade eine Stunde erhitzt. Nach dem Erkalten und Absitzenlassen wird unter Berücksichtigung des dem angewendeten Material entsprechenden Rauminhaltes die Hälfte der Flüssigkeit (25 g Stoffmenge entsprechend) mit einigen Kubikzentimetern salzfreien Tonerdebreies versetzt und abfiltriert.

Durch Eindampfen der Lösung, schwaches Glühen und Wiegen des Rückstandes ergibt sich die Menge der in Wasser löslichen Salze. Die Bestimmung der leichtlöslichen schädlichen Salze geschieht wie folgt:

200 g durch das 600-Maschensieb gesiebtes Ziegelpulver wird mit etwa $^3/_4$ l Wasser in einem Kolben von 1 l Inhalt unter öfterem Umschütteln auf dem Wasserbade eine Stunde lang erhitzt. Nach dem Erkalten wird der Kolbeninhalt bis zur Marke aufgefüllt und absitzen gelassen. 460 cm^3 des Filtrates (100 g entsprechend) werden auf ein kleines Volumen eingeengt und der Kalk in der üblichen Weise durch Fällen mit oxalsaurem Ammon und Filtrieren entfernt. Das Filtrat, welches die leichtlöslichen Salze enthält, wird hierauf zum Trocknen verdampft und der Rückstand nach dem Glühen, wobei sich die Ammonsalze verflüchtigen, gewogen. Das Gewicht des Glührückstandes gibt dann den Gehalt an leichtlöslichen Salzen in Prozenten an. Für den Auswitterungsversuch werden halbe Ziegelsteine wassersatt gemacht und an der Luft langsam wieder trocknen gelassen. Beim Austrocknen treten dann je nach Umständen die auskristallisierenden leichtlöslichen Salze mehr oder minder deutlich an die Außenflächen der Steinstücke.

19. Säurebeständigkeit.

a) Bestimmung an zerkleinerten Stücken. Von der im Mörser zerkleinerten Probe wird der Teil benützt, der durch das 60-Maschensieb geht, aber auf dem 120-Maschensieb liegen bleibt. 100 g dieses Grießes bleiben unter öfterem Umschütteln 24 Stunden der Einwirkung von 10%iger Salzsäure ausgesetzt. Ein gemessener Teil der Flüssigkeit wird eingedampft, der Verdampfungsrückstand schwach geglüht und gewogen.

b) Bestimmung an Stücken. Je drei annähernd gleichgroße Stücke werden in ein mit den in Frage kommenden Versuchsflüssigkeiten (Säuren, Ammoniak usw.) gefülltes Glas so eingetaucht, daß sie ungefähr zur Hälfte aus den Flüssigkeiten herausragen.

Die Veränderungen von Farbe und Gefüge werden festgestellt.

20. Biegefestigkeit (Gehwegplatten).

Die Proben werden an beiden Enden frei auf Stahlschneiden gelegt; erforderlichenfalls werden an den Auflagern der Probe und in der Mitte der Probenoberfläche Stege aus einem Zement angebracht. Der Druck wird mittels einer Stahlschneide oder eines runden Holzstabes auf die Mitte der Probe übertragen. Die Berechnung der Biegefestigkeit σ_B erfolgt nach der Gleichung $\sigma_B = \frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$ worin P die Bruchlast, l die Stützenentfernung in Zentimetern, W das Widerstandsmoment ist.

Für Gußasphalt werden Prismen von 4×4 cm Querschnitt und 16 cm Länge in eiserne Formen gegossen und in dem mit passender Biegevorrichtung

Digitized by Google

ausgestatteten Zugprüfer, Bauart Frühling-Michaelis, auf Biegefestigkeit bei 10 cm Stützweite und Einzellast in der Mitte geprüft.

Auf die Verfahren zur Prüfung der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Asphalts soll hier nicht eingegangen werden.

II. Nebenstoffe.

21. Die Prüfung von Zement erfolgt nach den bekannten „Deutschen Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement und Eisenportlandzement".

22. Die Prüfung von Kalk nach den „Leitsätzen für einheitliche Prüfung von Kalk".

23. Die Teere und Peche werden nur auf chemische und physikalische Eigenschaften geprüft, die hier ebenfalls nicht weiter behandelt werden sollen.

24. Die physikalischen Eigenschaften von Sand und Kies werden nach den unter I. angegebenen Verfahren ermittelt.

25. Der Gehalt an abschlämmbaren Bestandteilen wird bestimmt, indem eine abgewogene Menge getrockneten Materials so lange mit Wasser behandelt (abgeschlämmt) wird, bis das Wasser klar abläuft. Der Rückstand wird bis zur Trockne eingedampft.

Güteziffern (Hilfszahlen).

Soweit Güteziffern für Straßenbaustoffe in den auf die Rundfrage der Berichterstatter eingegangenen behördlichen Bestimmungen für die Lieferung genannter Stoffe enthalten waren, sind sie nachstehend wiedergegeben.

1. Kunststeintrottoirplatten.

a) Die Wasseraufnahme darf nicht mehr als 2,5% betragen.

b) Das spezifische Gewicht der trockenen Platte darf nicht unter 2,55 sein.

c) Der Dichtigkeitsgrad des Decklagenmantels soll nicht weniger als 0,925 betragen.

d) Bei rechtwinkeligen Platten von 50 cm Seitenlänge und $6^1/_2$ cm Plattenstärke soll die Bruchfestigkeit (30 cm Stützweite) betragen:
40 kg/qcm bei Belastung der Platten mit der Deckschicht nach oben,
50 „ „ „ „ „ „ „ „ „ unten.

e) Die Abschleifbarkeit nach dem Bauschingerschen Verfahren soll nicht mehr als 0,20 ccm, der Materialverlust bei Einwirkung des Sandstrahlgebläses nicht mehr als 0,25 ccm für 1 qcm betragen.

f) Die Platten sollen mindestens sechs, bzw. acht Wochen alt sein.

2. Zementtrottoirplatten.

Bei rechtwinkeligen Platten von 85×60 cm Seitenlänge und 7 cm Stärke soll die Biegefestigkeit mindestens 35 kg/qcm betragen.

Die Platten sollen mindestens zwei Monate alt sein.

Digitized by Google

3. Pflasterkittmasse.

Die Pflasterkittmasse soll für 100 kg folgende Zusammensetzung haben:

55 kg Trinidad-Epurée,
36 „ Stampfasphaltmehl,
5 „ Petroleumrückstände,
4 „ Paraffinöl.

Der zu verwendende Trinidad-Epurée soll reiner Trinidadsee-Epurée (Lake-Asphalt) sein, dessen Gehalt an in Schwefelkohlenstoff löslichem Bitumen zwischen 50 bis 60% und im Mittel 55% betragen soll.

Das spezifische Gewicht soll annähernd 1,4 betragen und der Schmelzpunkt bei 93° C liegen.

Das Stampfasphaltmehl muß mindestens 11% Bitumen enthalten und so fein gemahlen sein, daß es durch ein Sieb mit 150 Maschen pro Quadratzentimeter völlig durchgeht. Die Petroleumrückstände sollen aus reinem Bitumen bestehen. Die Viskosität bei 150° C soll 4 Engler-Grade betragen, das spezifische Gewicht bei 15° C annähernd 1 sein und der Flammpunkt über 165° C offener Test liegen.

Das Paraffinöl muß bei der Braunkohlendestillation gewonnen werden und ein spezifisches Gewicht von über 0,9 bei 15° C haben, der Flammpunkt über 120° C offener Test und der Siedebeginn über 200° C liegen.

4. Zementkalk.

Zementkalk soll wie Portlandzement geprüft werden.

Probekörper aus 1 Gewichtsteile Zementkalk + 3 Gewichtsteilen Normensand, die 24 Stunden an der Luft und 6, bzw. 27 Tage unter Wasser lagern, sollen folgende Mindestfestigkeiten ergeben:

	Zug	Druck	
nach 7 Tagen	10	70	kg/qcm
„ 28 „	16	140	„

Erhärtungsbeginn frühestens zwei Stunden nach dem Anmachen.
Abbindezeit neun bis zwölf Stunden.

Digitized by Google

geprüft werden.

		I
		A. Bind
ensteine	Zement	Ka
Pflaster- unter bis 8.	Nach den „Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement und Eisenportlandzement".	Neuerdin den „Leit einheitlich von Kal 1. Ergiebig bei Stü 2. Mahlfein bei ge gelöscht 3. Erstarru (Abbind 4. Raumbe keit. 5. Festigke

Digitized by Google

THE
JOHN CRERAR
LIBRARY

Digitized by Google

XXVI1b

PRÜFUNG VON STRASSENBAUMATERIAL IN ÖSTERREICH.

Von Prof. **A. Hanisch,** k. k. Oberbaurat, Wien.

Erprobung von Straßenschotter und Pflastersteinen.

Die zur Decklage einer Straße verwendbaren Steine sollen widerstandsfähig gegen Zerdrücken und zäh gegen Stoßwirkungen sein, eine geringe Abnützung durch die Einwirkung der Wagenräder und die Stollen der Pferdehufe erfahren, möglichst wenig Wasser aufnehmen (nicht erweichen) und wetterbeständig sein.

Dem entsprechend erfolgt auch die Erprobung des Straßenbaumateriales.

Es wird vor allem bestimmt die Druckfestigkeit, und zwar im trockenen, nassen und ausgefrorenen Zustand der Steine, bei gleichzeitiger Ermittlung der Wasseraufnahme und des sogenannten Erweichungskoeffizienten, d. i. das Verhältnis der Druckfestigkeit im nassen zu der im trockenen Zustande. Zur Bestimmung der Abnützung bedient man sich eines Schleifapparates und des Sandstrahlgebläses. Die Zähigkeitsprüfung erfolgt mit Hilfe von Schlagversuchen. Bei Ermittlung der Wetterbeständigkeit handelt es sich in erster Linie um das Verhalten der Steine im Froste, wozu die experimentelle Frostprüfung dient. Zur Beurteilung der Frostbeständigkeit wird noch der sogenannte Sättigungskoeffizient herangezogen. Es ist dies ein Wert, der gefunden wird, wenn man die Wasseraufnahme durch langsames Ansaugenlassen dividiert durch die Wasseraufnahme in einem Kompressor bei hohem Druck nach vorhergegangener Evakuierung. Behufs Feststellung der frischen Beschaffenheit der Bestandteile primärer Gesteine (Granite, Diorite, Porphyre, Basalte etc.) sowie der Zusammensetzung der Bindemittelsubstanz der sedimentären Gesteine (Sandstein, Grauwacken, Konglomerate etc.) wird außerdem die mikroskopische Untersuchung ausgeführt.

Die Prüfung der Zemente erfolgt hier nach den vom österr. Ingenieur- und Architekten-Verein aufgestellten Normen.

Digitized by Google

Digitized by Google

XXVI1c
ÜBER DIE ERPROBUNG DES STRASSENMATERIALES IN BELGIEN.

Von **E. Camerman**, Chef des Versuchswesens der belgischen Staatsbahnen, Brüssel.

Die am meisten verwendeten Materialien für Zwecke des Straßenbaues sind:
Porphyr-Pflastersteine.
Sandstein-Pflastersteine.
Kies für Makadampflaster.
Holz.
Asphalt.

Die Porphyr-Pflastersteine werden keiner Erprobung unterzogen: teils deshalb, weil dieses Material nur von zwei Lagern (Quenast und Lessines) herstammt, deren Produkte seit vielen Jahren bekannt sind, teils wegen der Schwierigkeit, mit der das Abstammen von Probewürfeln aus Porphyrsteinen verbunden ist.

Kies (Steinschlag) für Makadam stammt großenteils aus den Brüchen des Porphyrs von Quenast und Lessines, ein Teil des Schotters stammt auch aus Sandsteinbrüchen. Er wird von den Praktikern physikalischen Proben unterzogen, aber es sind dies keine Proben, die mit Hilfe von Prüfungsmaschinen zur Ausführung gelangen.

Holz. Die vorstehenden Bemerkungen beziehen sich auch auf die Übernahme von Holz für Zwecke der Straßenpflasterung.

Pflastersteine aus Sandstein. Mit Rücksicht auf die großen Unterschiede, die im allgemeinen in der Kohesion und im Gefüge solcher Steine vorkommen, werden dieselben Scher- und Abnützungsproben unter Benützung von Würfeln mit 7 cm langer Seite unterzogen. Die Sorgfalt und der Zeitaufwand, den die Herstellung dieser Würfel in Anspruch nimmt, bilden einen großen Nachteil dieser Probe wenigstens insoweit, als sie die Ausdehnung der Probe auf eine genügende Zahl von Steinen unmöglich machen.

Stampf-Asphalt (Asphalt comprimé). Er wird der chemischen Analyse unterzogen behufs Bestimmung des Bitumengehaltes und der Abwesenheit von Steinkohlenteer. Die Untersuchung bezüglich Pyriten und Ton wird für überflüssig gehalten.

Gußasphalt (Asphalt coulé, Mastix Asphalt, Plattenasphalt.) Bestimmung des Bitumengehaltes, Abwesenheit von Steinkohlenteer.

Als Zusätze, um den Asphalt leichter flüssig zu machen, werden nur Bitumen von Trinité oder flüssige Mineralölrückstände gestattet. Die letztgenannten Produkte müssen der Bedingung genügen, daß ein auf Löschpapier gebrachter Tropfen seine Gestalt behälte, ohne sich strahlenförmig auszubreiten, selbst nach Verlauf von drei Tagen.

Die vorangeführten chemischen und mechanischen Proben sind für die von der Staatsbahnverwaltung zum Verbrauch gelangenden Produkte in Anwendung.

Sie haben bei anderen Verwaltungskörpern oder Ministerien noch keine Veerbreitung gefunden.

Digitized by Google

Digitized by Google

XXVI1d

PRÜFUNG VON STRASSENBAUMATERIAL IN DÄNEMARK.

Mitgeteilt von Prof. **H. I. Hannover**, Kopenhagen.

Das Wegebaudirektorat in Kopenhagen gibt bekannt, daß außer Pflastersteinen, Schotter, Kies, Zement und Asphalt in Kopenhagen auch Holzklötze, Zementfliesen und Klinker zur Pflasterung gebraucht werden.

Die Pflastersteine werden seit alters her von gewissen bestimmten Steinbrüchen in Schweden und auf Bornholm geliefert, weshalb man von einer Prüfung gegen Druck oder Abnutzung absieht. Die Pflastersteine werden in der Weise gemessen, daß sie in Rahmen von der Größe $2\,m \times 2\,m = 4\,m^2$ auf den Kopf gestellt werden.

Schotter wird zum großen Teil aus alten Pflastersteinen hergestellt; doch werden auch bedeutende Mengen von Schweden und Bornholm herbeigeschafft und dann teilweise von Granitsorten, die dem Wegebaudirektorat bekannt sind.

Der Schotter wird in Meßgefäßen von der Größe $2\,m \times 1\,m \times 0{\cdot}75\,m = 1{\cdot}5\,m^3$ gemessen, was aber nicht für alle Fuhren gilt.

Kies wird bezüglich Tongehalt durch Aufschlemmen im Wasser untersucht; jedoch ist eine bestimmte Regel für den Tongehalt nicht vorgeschrieben. Die Messung wird wie für Schotter vorgenommen.

Zement wird nach den dänischen Normen geprüft. Er wird nach Gewicht übernommen. In den Bedingungen ist vorgeschrieben, daß für je 100 Tonnen oder Säcke je fünf entnommen und gewogen werden; das Mittelgewicht des dadurch gefundenen Nettogewichtes wird als Grundlage für die Zahlung gebraucht.

Asphalt wird nicht geprüft, obgleich in den Kontrakten einige Bestimmungen über Qualität und Herkunft aufgenommen sind. Für Asphalt zu Fahrwegen wird eine fünfjährige Erhaltung verlangt.

Holzklötze für Pflasterung werden nur wenig verwendet und man hat sich nur in der Weise gesichert, daß man bei anerkannt guten Firmen in Deutschland gekauft hat. Australisches Holz ist dagegen bei Großhändlern gekauft worden. Die Klötze werden nach Stückzahl übernommen.

Zementfliesen werden vom Wegebaudirektorat selbst hergestellt und nicht geprüft.

Klinker werden nur ausnahmsweise gebraucht und dann nach Stückzahl übernommen, gewöhnlich mit Angaben über vorgenommene Prüfungen seitens des Lieferanten.

Andere Materialien, wie z. B. Teer, Petroleum und Bitumen werden ohne besondere Vorschriften vom Großhändler eingekauft; Teere werden auch von den kommunalen Gasanstalten bezogen.

Für Frederiksberg gilt wesentlich dasselbe, was hier gesagt ist. Nur sei erwähnt, daß das Teer, welches in den letzten Jahren zum Teeren der Wege gebraucht wurde, untersucht wurde und seine Qualität durch Analysen und Versuchsdestillationen bei der Verwaltung selbst bestimmt wurde und zwar nach Vorschriften, die in England von „The Road Board" aufgestellt wurden.

Digitized by Google

Digitized by Google

XXVI 1 e

ERPROBUNG UND ÜBERNAHME DER STEINPFLASTERMATERIALIEN BEI DER HAUPTSTADT BUDAPEST.

Von **Eduard Fock**, technischer Rat, Budapest.

Die Behörde wendet nur jene Steinmaterialien an, welche sich vorher als Probepflasterung bewährt haben, als solche einige Jahre (gewöhnlich 5 Jahre) hindurch beobachtet wurden und den gestellten Anforderungen in jeder Beziehung entsprachen.

Jene Steinbruchbesitzer, die der Hauptstadt zu liefern beabsichtigen, sind verpflichtet, um die Bewilligung der Probepflasterung einzukommen, ihrem Gesuche das Härtegradzeugnis des mechanischen Laboratoriums der königl. technischen Hochschule und eine Landkarte, in welcher der Platz des Steinbruches bezeichnet ist, beizuschließen.

Auf Grund des vorgelegten Mustersteines bewilligt die Behörde die Probepflasterung nur dann, wenn das Steinmaterial den Anforderungen voraussichtlich entsprechen wird, und wenn sich der Unternehmer verpflichtet, nebst den Kosten seiner eigenen Probepflasterung auch die jenes Pflasterstreifens zu tragen, welcher aus bereits bekannten und von der Behörde ausgefolgten Steinmaterialien zum Vergleich neben der Probe hergestellt wird; die Behörde untersucht ferner auf Kosten des Unternehmers den Steinbruch, und wenn die delegierte Kommission konstatiert, daß in dem Bruche genügend solche Steine derselben Qualität vorhanden sind, welche er bei der Probepflasterung verwendet hat, so wird die Konkurrenzfähigkeit des Materiales ausgesprochen. Bewährt sich das Steinmaterial, so vergütet die Hauptstadt nach Verlauf der 5jährigen Probezeit die Herstellungskosten der Probepflasterung.

Die Hauptstadt verlegt seit einer langen Reihe von Jahren solche Probepflasterungen auf verschiedenen Verkehrslinien. Mindere Steinmaterialien, wie Trachyte, Pyroxenandesite usw. werden auf den schwächeren, wo täglich zirka 1500 Fuhrwerke, widerstandsfähigere auf den frequentesten Verkehrslinien, wo täglich zirka 3000 Fuhrwerke verkehren, ausprobiert. Erstklassige Steinmaterialien — Granite und Basalte — wurden in Form von 18/18/18 cm-Würfeln auf dem Váci-körút vor der Szt.-István-Kirche verlegt. Wie die Situationskizze A zeigt, liegen diese Probepflasterungen auf dieser sehr frequenten Straßenlinie seit dem Jahre 1897, also 14 Jahre. Unter diesen im Mai 1897 niedergelegten Probepflasterungen diente der mit Nr. 10 bezeichnete Mauthausener Granitstreifen zur Beurteilung der Korlater Basalt- und der Zsidóvárer Granddiorit-Probepflasterung. Eine tabellarische Zusammenstellung (nach Art der als Muster folgenden Tabelle I) zeigt, wie sich diese Steinmaterialien in den verflossenen 14 Jahren verhalten

Digitized by Google

haben. Die Korláter Basalt- und Mauthausener Granit-Probepflasterung brauchten noch nicht umgepflastert zu werden, während die Zsidóvárer Granddiorit-Probepflasterung im Frühjahre 1910 gänzlich umgepflastert werden mußte. Zur Ergänzung bedarf man bei letzterer 105 Stück 18/18/18 cm- und 16 Stück 18/18/27 cm-Würfelsteine. Aus der erwähnten Zusammenstellung ist ferner noch ersichtlich, daß unter den Basalten (selbst unter jenen gleichen Fundortes) sehr große Unterschiede sind.

Ganz anders bewährt sich der Somosújfaluer und Korláter Basalt, wie der Fülekrátkaer, Bolgáromer und Csomaer Basalt, obwohl alle der nämlichen Füleker Gegend entstammen. Einer der schwächsten Basalte ist der Lukareczer (Temeser Komitat). Die Probepflasterung, welche seit dem Oktober 1899 liegt, mußte schon im Jahre 1908 und neuerdings im vorhergehenden Jahre (1910) umgepflastert werden.

Steinmaterialien minderer Qualität wurden in der Rottenbiller-Gasse ausprobiert. Auskunft über diese Probepflasterungen geben die Situationskizze B.

Um die Steinmaterialien kennen zu lernen, ihre Widerstandsfähigkeit zu ermitteln und zu erwägen, glaube ich als beste und einzig verläßliche Methode jenes Verfahren zu bezeichnen, wenn man den Stein auf Grund einer Vergleichung praktischen Proben unterwirft. Zweifellos liefern die Druckproben sehr brauchbare Daten, diese können jedoch nur zur Orientierung dienen.

Es gibt auch solche Trachyt-, Pyroxenandesit- usw. Steinbrüche, deren Produkte nur als Schlägelschotter — bei Makadamstraßen — verwendet werden Diese werden ebenfalls einer praktischen, vergleichenden Probe (gewöhnlich 2jährigen Probezeit) unterworfen, bevor ihnen die Konkurrenzfähigkeit erteilt wird. Der zu erprobende Schlägelschotter wird in die Makadamstraße eingebettet. Die Probestrecke wird sonach dem Verkehr übergeben. Nach einigen Wochen wird der Straßenkörper sorgfältig abgekehrt und seine Oberfläche präzis nivelliert. Nach einem, repective zwei Jahren wird die Straße an den nämlichen Punkten wieder nivelliert und aus dem Ergebnisse des Nivellements festgestellt, wieviel sich das Material während dieser Zeit abgenützt hat. Neben dem als Probepflasterung verwendeten Materiale wird — wie es bei den Würfelsteinen üblich ist — vergleichend ein bereits bekannter und sich in der Praxis bewährter Schlägelschotter (gleichzeitig, unter denselben Verhältnissen) eingebettet.

Um die Abnützung der sich in der Praxis bewährten erstklassigen Pflastermaterialien — Basalte und Granite — zu ermitteln, wurde die Dicke einiger Steine der Probepflasterung auf dem Váczi-körút im Jahre 1906 gemessen. Im laufenden Jahre, also nach 5jähriger Inanspruchnahme, wurden die Steine vorsichtig aus ihren Lagern gehoben und neuerdings gemessen. Zum Messen wurde ein mit Maßeinteilung versehener Greifzirkel verwendet, mit dem man die Dicke der Steine in Millimetern genau ablesen konnte. In der Ragyolczer Basaltprobepflasterung, welche in der Situation A mit Nr. 1 bezeichnet ist, wurden am 3. Juli 1906 4 Stück 18/18/18 cm-Würfelsteine gemessen. Am 9. August l. J. (1911), daher nach 5 Jahren und 1 Monat, wurden die nämlichen 4 Würfelsteine neuerdings ausgehoben und wieder gemessen; ein Stein nützte sich 1·28, der zweite 1·09, der dritte 1·07 und der vierte 0·79 cm ab. Die durchschnittliche Abnützung der 4 Würfel betrug daher binnen 5 Jahren 1 cm.

In der Vosdoesthaler Granit-(Biotitgranit-)Probepflasterung — Nr. 3 der Situation — wurden am 18. Juni 1906 ebenfalls 4 Stück 18/18/18 cm-Würfelsteine

Digitized by Google

gemessen, und man stellte bei der am 9. August l. J. vorgenommenen Messung — also nach 5 Jahren und 2 Monaten — fest, daß ein Stein sich 0·54, der zweite 0·72, der dritte 1·62 und der letzte 0·70 cm abnützte; in dem bezeichneten Zeitraume betrug daher die durchschnittliche Abnützung der 4 Steine 0·90 cm.

In der Somosújfalu-Medveshegyer Basaltprobepflasterung — in der Situation mit Nr. 7 bezeichnet — wurde im Monate Mai 1906 ein Würfel mit Daróeer und ein zweiter mit neuem Medveshegyer Basaltwürfel ausgetauscht. Im August l. J., also nach 5 Jahren und 2 Monaten, wurden diese Würfel ausgehoben, gemessen, und es wurde festgestellt, daß der Daróeer Basaltwürfel durchschnittlich 0·30 cm, der Medveshegyer 0·60 cm Abnützung zeigt. Aus dem Resultate dieser Messungen kann festgestellt werden, daß die Abnützung der Basaltwürfeln bester Qualität bei dem Verkehr des Váci-körút jährlich 1 mm beträgt; die Lebensdauer dieser Steine kann daher — selbst auf den frequentesten Verkehrslinien - mit 20 bis 25 Jahren angenommen werden. Hiebei sei erwähnt, daß die Steine nach Verlauf dieser Periode nicht deshalb ausgetauscht oder umgedreht werden müssen, weil sie sich zu stark abgenützt haben, sondern deswegen, weil die Kanten zu stark abgeschlagen wurden, daher die Steine sich abzurunden beginnen; obwohl diese Erscheinung bei den Basalten — da sich diese gleichmäßiger abnützen — seltener vorkommt als bei den Graniten.

Mit Rücksicht darauf, daß sich die erstklassigen Basalte, selbst bei dem regsten Verkehr, kaum abnützen, würde es, meiner Meinung nach, vollkommen genügen, die Dicke der Pflastersteine mit 13 bis 14 cm anzunehmen; es wird mit einem Worte immer mehr und mehr begründeter auf die $^3/_4$-Würfel (13 bis 14 cm dick) zu übergehen und die 18 cm dicken vollen Würfel nur auf einzelnen, sehr frequenten Verkehrslinien anzuwenden sein.

Die Übernahme der Pflastersteine geschieht folgendermaßen:

Die Hauptstadt übernimmt nur jene konkurrenzfähigen Steinmaterialien, welche den kontraktlichen Bedingungen vollkommen entsprechen. Diese Bedingungen beziehen sich hauptsächlich auf die Qualität und Bearbeitung der Steine.

Da in den meisten, fast allen Steinbrüchen Materialien verschiedener Qualität vorkommen, werden die niederen aus der Lieferung ausgeschlossen. So z. B. werden bei den Basalten die spröden, gläserigen, zuviel olivenhältigen (serpentinartigen), weiters hohlräumige oder in Verwitterung übergehende, rauhen und wellenartigen Bruch zeigende — bei den Graniten die rostbraunen und kaolinierenden Steine nicht übernommen.

Die gelieferten Steine müssen den vorgeschriebenen Ausmaßen und Mustern vollkommen entsprechen, müssen in jeder Beziehung anstandslos und bezüglich Material aus dem besten, sogenannten Kernsteine sein.

Aus diesem Grunde muß der Unternehmer schon seinem Angebote 4 Stück, mit seinem eigenen Siegel versehene, betreffs Qualität, Farbe und Bearbeitung vollkommen gleiche Mustersteine beischließen.

Von den verschiedenen Gattungen der Pflastersteine werden nur die nachstehend bearbeiteten übernommen:

Die 18/18/18 cm-Würfel und die 18/18/13—14 cm- sogenannten $^3/_4$-Würfel müssen mit dem Spitzeisen derart bearbeitet sein, daß zwischen den zwei Seitenflächen zweier beliebiger Würfel die Fuge nicht größer ist als 12 mm.

Digitized by Google

Tabelle I.

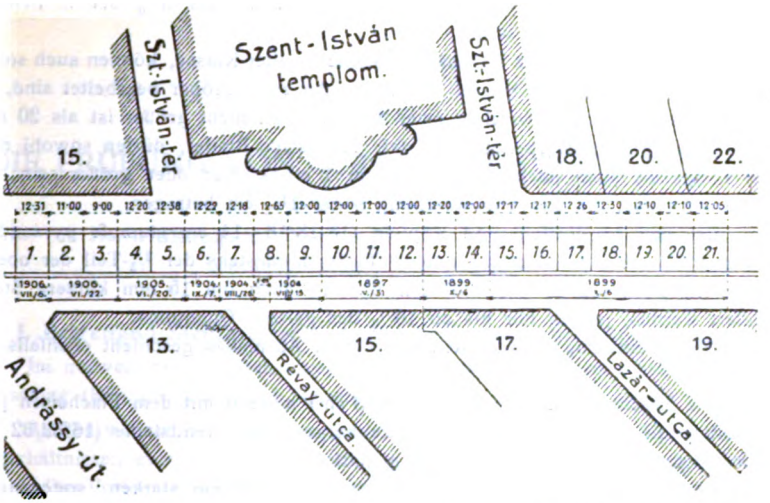
Verhalten der Probepflasterungen auf dem Váczi-körút.

Benennung u. Fundort des Materials der Probepflasterung	D. Probepflasterung wurde bewilligt	D. Probepflasterung liegt seit	Flächeninhalt	Ausbesserungen wurden vorgenommen			Ausgetauscht		Umgedreht		Bei der Umpflasterung wurden verbraucht				Bemerkungen
											zum erstenmale		zum zweitenm.		
			m²	Jahr	Monat	Tag	St. 18/18 18	St. 18 18 27	St. 18/18/18	St. 18/18/27	Stück neue Steine	% der ganzen Fläche	Stück neue Steine	% der ganzen Fläche	
Nr. 1 der Situation.															
Ragyolczer Basalt (Ragyolczer Basaltwerke) Nagrader Komitat (Fülleker Bezirk)	26. Mai 1906 Nr. 100184 1906 — II. Sektion.	6. Juli 1906.	134.18	1907	V.	31	1	—	1	—	—	—	—	—	
				1908	VI.	6	5	—	4	—	—	—	—	—	
				1910	VIII.	8	9	—	10	—	—	—	—	—	
				1911	IV.	3	6	—	2	—	—	—	—	—	
Nr. 2 der Situation.															
Jaussen'scher (derzeit Krepuska) somsujfaluer Basalt.	8. Februar 1906. Nr. 24083 1906. — II. Sektion.	22. Juni 1906.	114·72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Nr. 3 der Situation.															
Vosdocsvolczer Biotit Granit (Arader Komitat)	8. Feber 1906 Nr. 24083 1906. — II. Sektion.	22. Juni 1906.	92·97	1907	V.	31	1	—	—	—	—	—	—	—	
				1911	VIII.	3	1	—	1	—	—	—	—	—	

Digitized by Google

Situation A

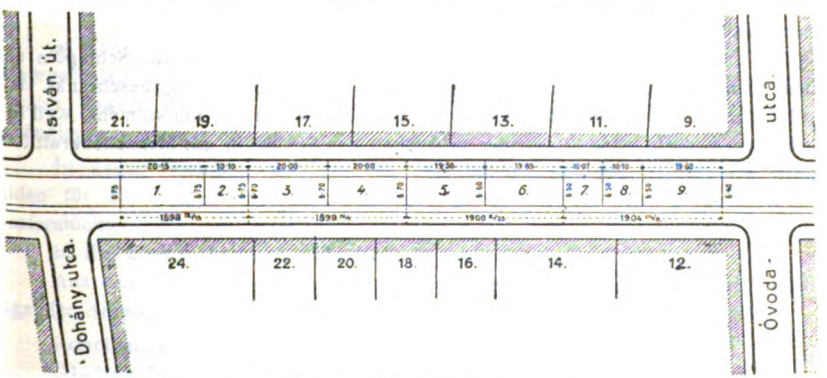
der Probepflasterungen auf dem Váczi-körút vor der Szt.-István-Kirche



1. Ragyolczer Basalt 134·18 m².
2. Jaussen'sche somoskö-újfaluser Basalt 114·72 m².
3. Vosdoczvölgyer Granitit 92·97 m².
4. Badacsonyer Basalt 143·35 m².
5. Nagydaróczer Basalt 145·77 m².
6. Ajnácskö „Ragócshegyer" Basalt 144·19 m².
7. Somosújfalu „Medveshegy-salgóer" Basalt 143·96 m².
8. Nagydaróczer Basalt 142·10 m².
9. Alsórákoser Basalt 138·36 m².
10. Mauthausener Granit 142·80 m².
11. Zsidóvárer Kvarz-diorit 142·80 m².
12. Korláter Basalt 142·80 m².
13. Lukareczer Basalt 146·76 m².
14. Mauthausener Granit 144·00 m².
15. Daróczer Basalt 144·82 m².
16. Mauthausener Granit 142·99 m².
17. Halmágyer Granit 143·44 m².
18. Mauthausener Granit 142·68 m².
19. Fülek-rátkaer Basalt 142·78 m².
20. Bolgáromer Basalt 140·36 m².
21. Czomaer Basalt 141·35 m².

Situation B

der Probepflasterungen in der Rottenbiller-Gasse.



1. Somosújfaluer granithältiger Trachytwürfel 136·01 m².
2. Kissebeser Quarzporphyrwürfel 68·17 m².
3. Korláter ³/₄ Basaltwürfel 134·00 m².
4. Csóder, bläulicher Trachytwürfel 134·00 m².
5. Somosújfalu-sátoroser granithältiges Trachytköpfel 130·27 m².
6. Daróczer Basaltköpfel 133·98 m².
7. Sebesvár-marótlaker lichter (rötlicher) Quarzporphyrwürfel 65·45 m².
8. „ „ dunkler (grünlicher) Quarzporphyrwürfel 65·45 m².
9. Mauthausener Granitwürfel 126·42 m².

Digitized by Google

Dies sind die Steine erster Klasse, zu welchen auch noch die ebenso bearbeiteten, jedoch um 10 mm kürzeren Würfel, respektive um 15 mm kürzeren Binder gehören, ihr Quantum darf aber nicht mehr als 5% der in Betracht kommenden Steinlieferung sein.

Mit Preisnachlaß, als sogenannte Steine zweiter Klasse, können auch solche übernommen werden (nur bis zu 10%), welche zwar gröber bearbeitet sind, bei denen jedoch die Fuge zwischen zwei Seitenflächen nicht größer ist als 20 mm. Diese, etwas gröber bearbeiteten Würfel, respektive Binder, dürfen sowohl nach ihrer Länge als auch nach ihrer Höhe um 1 cm kleiner oder größer sein; bei den Bindern darf die Längenabweichung sogar $1^1/_2$ cm betragen.

Bei den $^3/_4$-Würfeln und Köpfeln (18/18/13—14 cm stumpfe pyramidenförmige Steine, bei welchen die untere Fläche mindestens der $^2/_3$-Teil der oberen ist) dürfen auch um 10 mm, bei den Bindern auch um 15 mm kürzere Steine geliefert werden, jedoch nur bis zu 10% des ganzen Quantums.

Die Übernahme solcher Steine kleineren Ausmaßes geschieht ebenfalls mit Preisabzug.

Die Trachyt-Trottoirsteine (26/26/13 cm) müssen mit dem Flacheisen glatt bearbeitet, die aus demselben Materiale hergestellten Randsteine (16/32/32 cm) außerdem noch mit dem Meißel ganz geglättet sein.

Die untere und rückwärtige Fläche der 24/32 cm starken, sogenannten großen Granitrandsteine muß gerade, die obere und auswärtige dagegen glatt bearbeitet sein. Mit besonderer Sorgfalt müssen die Anstoßflächen hergestellt sein, damit keine größere Fuge als 6 mm entsteht.

Der Schlägelschotter muß frei von eigenem Abfalle, Schlamm, Kot und Staub sein, und es wird nur dem angenommenen Muster entsprechendes Material übernommen. Die einzelnen Stücke dürfen, in jeder Richtung gemessen, nicht größer als 5 cm sein. Das Material wird gewöhnlich in Bruchsteinform an den Gebrauchsort geliefert, dort geschlägelt und geschlichtet. Um den Kern des Steines sichtbar zu machen, muß die eine Seite der Bruchsteine schon im Bruche abgebrochen werden. In letzterer Zeit wird das Schlägeln an Ort und Stelle nur in den äußeren Stadtrayons gestattet, da die Bewohner der inneren Stadtteile das mit dem Schlägeln verbundene störende Lärmen nicht mehr dulden.

Um die Qualität des Steinmateriales zu beurteilen, ist das Schlägeln auf dem Bauplatze entschieden empfehlenswerter, die Durchführung beschränkt sich jedoch immer mehr und mehr auf die Straßen der Peripherie, um so mehr, weil bei größerem Bedarfe oder dringenderem Ausbau das Schlägeln mit Menschenkraft das flotte Vorwärtsschreiten sehr behindert.

Digitized by Google

XXVI1f

DIE PRÜFUNG VON STRASSENBAUMATERIAL IN NORWEGEN.

Bericht von Herrn **Skougard,** Direktor des Königl. Norwegischen Straßen- und Brückenbauamtes in Christiania.

I. Betreffend Steinmaterialien für die Landstraßen Norwegens.

Im norwegischen Wegebauwesen werden zur Straßendecke Steinunterlage, Steinschlag (Kleingeschläg) und Schotter benutzt.

An den meisten Orten unseres Landes gibt es bei ganz entsprechenden Transportverhältnissen gute Steinarten, die sich zum Bau und zur Erhaltung der Straßen eignen. Das Vorhandensein von Steinarten am betreffenden Ort ist aber gewöhnlich bestimmend für die Wahl der Steinart, weil es zu teuer wäre, die Straßenmaterialien aus weiter Ferne zu verfrachten.

Deshalb gibt es auch manche Fälle, wo man eine geringere Steinart für Kleingeschläg verwenden muß.

Außer dem natürlichen Vorhandensein wird die endliche Wahl von Steinarten von der Art und Größe des Verkehres, der Lage der Straße, der Beschaffenheit des Bodens und im ganzen von den verschiedenen Verhältnissen, die auf die Abnutzung der Fahrbahn Einfluß haben, abhängig sein.

II. Betreffend Materialien für die Straßen der Stadtgemeinden Norwegens.

1. Prüfung.

a) Steinschlag und Pflasterstein. Gewöhnlich werden Steinschlag (Kleingeschläg) und Pflastersteine nach praktischer Schätzung und Erfahrung gewählt, indem die Wahl auch nach Bedürfnis und örtlichen Verhältnissen abhängig sein wird.

In keiner Stadtgemeinde gibt es Prüfungsbestimmungen oder Qualitätszahlen für die Beurteilung; die Lieferungen geschehen oft nach gutgeheißenen Musterstücken.

b) Kalk und Zement. Für Kalk hat man keine Bestimmungen.

Aus den offiziellen Bestimmungen für Lieferung von Portlandzement wird folgender Auszug angeführt:

Portlandzement soll scharf gebrannt und gut gelagert sein.

Glühverlust darf nicht mehr als 5% sein.

Spezifisches Gewicht soll wenigstens sein:

a) Vor dem Glühen 3·0.

b) Nach dem Glühen wenigstens 3·1.

Digitized by Google

Mahlung. Rest höchstens 5% auf einem Sieb mit 900 Maschen pro qcm.

Bindezeit muß nicht über 10 Stunden sein.

Der Zement soll volumbeständig sein und als entscheidende Proben gelten:

a) 1 Tag Lagerung in feuchter Luft und darauf 27 Tage Lagerung unter Wasser.

b) 28 Tage Lagerung an der Luft, den ersten Tag in feuchter Luft, gegen Sonne und Zug beschützt.

c) Dörrprobe. Die Kuchen werden 3 Stunden bei einer Temperatur von 110° C gehalten.

Zur Orientierung sollen Zementkugeln nach 1 Tag Lagerung gekocht werden. Dauer der Wassereinwirkung 3 Stunden.

Die Festigkeit von Zementmörtel soll bei einer Mischung von: 1 Gewichtsteil Zement auf 3 Gewichtsteile Sand, nach 1 Tag Lagerung in feuchter Luft und 27 Tage unter Wasser, sein:

1. gegen Zerreißen 16 kg pro qcm.

2. gegen Druck 160 kg pro qcm.

c) Asphalt. In Christiania wird der Asphalt sowohl mechanisch als auch chemisch geprüft, ohne daß Normen aufgestellt sind.

An anderen Orten wird nur verlangt, daß der Asphalt und der Goudron mit Originalstempel von der betreffenden Grube oder Fabrik versehen sein sollen, so daß man kontrollieren kann, daß der Asphalt von gutgeheißener Qualität ist.

2. Meßverfahren.

Bruchstein für Steinschlag wird in justiertem Holzmaß, von 5 kbm Inhalt, gemessen und angenommen.

Die Steinschläger liefern den kleingeschlagenen Steinschlag in Holzkisten von $^1/_{15}$ kbm Inhalt.

Pflasterstein wird pro qm gemessen und bei der Abnahme in Holzrahmen, die 4 qm halten, aufgestellt. Zur Kontrolle wird der Stein genau in prismatischen oder pyramidenförmigen Haufen aufgelegt, deren Kubikinhalt gemessen wird.

Kleinpflasterstein wird pro Stück angenommen, indem es vorgeschrieben ist, wie viele auf 1 qm gehen sollen. Diese Anzahl wird dadurch kontrolliert, daß man dann und wann die obengenannten Holzrahmen von 4 qm verwendet.

Zuweilen wird Kleinpflaster mit Höhe = 8 cm mit zulässiger Variation + 0 5 cm verlangt. Die oberen Kanten sollen auf keiner Seite kürzer als 8 cm sein oder länger als 10 cm.

Wie es aus diesen Angaben hervorgeht, fehlt es uns sowohl für die Landstraßen als auch für die Straßen der Stadtgemeinden an allgemeinen oder autorisierten Hilfszahlen (Koeffizienten) für die Beurteilung der Qualität der verwendeten Steinmaterialien.

Dieser Umstand beruht teilweise darauf, daß in den meisten Gegenden des Landes — wie oben angedeutet — gute Steinsorten zu bekommen sind.

Digitized by Google

Die Frage interessiert uns doch sehr, und wollen wir dankbar sein, seinerzeit Mitteilungen, die Resultate der Normalisierungsbestrebungen betreffend, zu bekommen.

Auf Veranlassung des Rundschreibens vom 21. August 1911 wird gleichzeitig mitgeteilt, daß hier im Lande schon früher ein Ausschuß mit der Aufgabe eingesetzt worden ist, die Eigenschaften der Steinmaterialien auszuforschen und zu klassifizieren, um die Materialien besser ausnutzen zu können, auch speziell mit Rücksicht auf ihre wirtschaftliche Anwendung für Bau- und Unterhaltung von Straßen.

Der Obmann des genannten Ausschusses ist Herr Professor Egerer, Vorsteher der Materialprüfungsanstalt der technischen Hochschule in Drontheim, Adr. Drontheim, Norwegen.

Digitized by Google

Digitized by Google

XXVI1g

MESS- UND PRÜFUNGSVERFAHREN FÜR STRASSEN-BAUMATERIAL IN DEN NIEDERLANDEN.

Von **M. E. H. Tjaden**, Breda.

Die nachstehende Zusammenstellung gibt die wesentlichsten Vorschriften für Straßenbaumateriale, welche bei den mit der Erhaltung und Ausführung von Straßen betrauten Verwaltungen in Geltung sind. Zu diesen Verwaltungen gehören unter anderen das Departement für öffentliche Arbeiten (Waterstaat), die Genie, sowie die verschiedenen Provinzial- und Gemeindebehörden usw.

Die Pflastermaterialien werden in folgender Weise eingeteilt:

I. Naturstein.

a) Schotter, b) Kies, c) Pflastersteine, d) Asphalt, e) Bordsteine, f) Sand, g) Ton, h) Muscheln.

II. Kunstprodukte.

a) Hochofenschlacke, b) Zement, c) Backsteine, d) Schutt (Gebröckel), e) Kohlengrus.

III. Holz.

a) Holzklötze.

I. Naturstein.

a) Schotter.

Herkunft: Zur Anfertigung des Schotters soll Basalt, Granit, Porphyr oder harter Quarzstein verwendet werden; weiche oder spröde Steinarten sind ausgeschlossen, insbesondere die weichen weißen Steine.

Form: Die vorgeschriebenen Abmessungen schwanken von 1—3, 2—4, 2—5, 2—6 und 5—7 cm.

Porphyr-Grobschlag: 2×5; Porphyr-Kleinschlag: 2×4; Basalt-Grobschlag 3×5; Basalt-Kleinschlag: 2×3 cm. Die Steinstücke sollen in jeder Richtung durch einen Ring hindurchgehen können, dessen innerer Durchmesser der größten zulässigen Abmessung gleich ist, und müssen auf einen Ring, dessen innerer Durchmesser der kleinsten Abmessung gleich ist, liegen bleiben. In der ganzen Lieferung dürfen nur 5 von Hundert größere oder kleinere Stücke vorkommen. In einzelnen Fällen ist hiefür nur 3% gestattet. Enthält die Lieferung mehr als 3 und weniger als 10 von Hundert feinere Bestandteile (Sand und Grus), so findet ein entsprechender Abzug vom Kaufpreise statt; enthält die Lieferung mehr als 10% solcher Bestandteile, so ist man berechtigt, die ganze Lieferung zurückzuweisen. Enthält die Lieferung zu grobe Stücke, so sollen sie ausgesucht und verkleinert oder beseitigt werden.

Digitized by Google

Zuweilen ist dem Unternehmen die freie Wahl zwischen Porphyr- und Basaltschlag zu lassen. In diesem Falle soll jedoch die ganze Lieferung nur von einer Sorte sein; in einzelnen Fällen wird auch vorgeschrieben, daß die Lieferung halb aus Porphyr- und halb aus Basaltschlag besteht; von diesem Verhältnis darf nur mit schriftlicher Zustimmung der Direktion abgewichen werden.

Verunreinigungen. Der Schotter soll rein und ohne Verunreinigungen durch Erde, Sand, Grus oder Kies auf den Verarbeitungsplatz gebracht werden. Im Basaltschlag darf trockener Rheinschlamm nur in beschränktem Maße vorkommen.

Beschaffenheit. Die Bruchflächen sollen scharfkantig, die Stücke nicht rissig oder porös sein. Der Basaltschlag darf keinen Sonnenbrand, keine Deckstein-stücke enthalten, soll eine glatte und körnige Bruchfläche, sowie eine helle, fast blaue, von weißen sternförmigen Flecken freie Färbung zeigen.

Kiessteinschlag soll aus unverwittertem fehlerlosem Gestein bestehen.

Abnutzungsprobe. 10 kg Basaltschlag in Stücken von 3—6 cm Seitenlänge und ohne Zusatz von Kugeln dürfen in einer Kugelmühle von 450 mm innerem Durchmesser und 240 mm Breite, die um eine horizontale Achse mit der Geschwindigkeit von 45 Umdrehungen in der Minute gedreht wird, nach einer Stunde nicht mehr als 14% des Ursprungsgewichtes durch Bildung von Pulver und Grus, die durch ein Sieb mit Maschen von 1 cm² Fläche hindurchgehen, verlieren. Eine zweite Probe, die mit Zusatz von 2 Stahlkugeln von 80 mm Durchmesser vorgenommen wird, darf keinen höheren Gewichtsverlust als 40 von Hundert ergeben. Als Verlust ist der Mittelwert aus 4 Proben anzunehmen. Für Quenastschlag lauten die Verlustziffern 10, bzw. 30 von Hundert, wobei als Gewichtsverlust der Mittelwert aus 2 Proben angenommen wird.

b) Kies.

Herkunft. Als Kies darf Fluß-, Berg- oder Heidekies, jedoch nur härtere Sorten verwendet werden.

Abmessungen. Von der ganzen Lieferung sollen 95 von 100 den vorgeschriebenen Abmessungen entsprechen, und zwar derart, daß beim Sieben eines Musters wenigstens 95% der Menge durch ein Sieb mit viereckigen Maschen, deren Seiten gleich der größten vorgeschriebenen Abmessung sind, hindurchgehen, bzw. auf einem Sieb mit Maschen, deren Seiten den kleinsten vorgeschriebenen Abmessungen entsprechen, liegen bleiben.

In manchen Fällen ist dieser Spielraum von 5% nicht gestattet, während in anderen Fällen anstatt der viereckigen Maschen Ringe benützt werden, deren innerer Durchmesser die vorgeschriebenen Abmessungen besitzt.

Diese Abmessungen sind je nach dem Zwecke, zu welchem der Kies gebraucht wird, verschieden. Die Grenzen sind im allgemeinen 2 bis 6 cm.

Andere Vorschriften für die Abmessungen des Kieses (für allgemeine Zwecke) schreiben Seitenlängen vor: 1 bis $3^1/_2$, 1 bis 4, 1 bis 5, 1 bis 6, 2 bis 4, $2^1/_2$ bis $4^1/_2$ und 2 bis 8 cm (bei den letzen Abmessungen gilt der 5%ige Spielraum nur für kleinere Stücke); für Radfahrsteige $^1/_2$ bis 1 cm; für Fußwege $^1/_2$ bis 1, 1 bis 2 und 2 bis 4 cm; für Füllmateriale von Fahrrinnen: 2 bis 4 cm. Stücke von zu großen Abmessungen müssen vor der Verwendung auf die vorgeschriebenen Maße verkleinert werden.

Digitized by Google

Beschaffenheit. Der Kies soll rein und frei von Erde oder Sand geliefert werden.

Der Kies darf nicht spröde sein, in einzelnen Bedingnissen wird ein maximaler Prozentsatz von weißen Kiessteinen vorgeschrieben.

c) Plastersteine.

Herkunft. Zur Herstellung von Plastersteinen sollen verwendet werden:

Porphyrstein aus den Gruben von Quenast und Lessines, Basaltstein aus den Gruben von oberhalb Linz bis Obercassel, ferner Lavastein aus den Gruben von Cottenheim, Mayen, Niedermendig, Hannebach und Ochtendung.

Sandstein aus den Gruben von Ben-Ahin, Attre, Yovir und der Ourthe entlang.

Plastersteine aus anderen Gruben als den genannten dürfen nur mit Zustimmung der Direktion geliefert werden, wenn ihre gute Beschaffenheit sich bei einer speziellen Prüfung herausgestellt hat.

Form. Die Kopfflächen der Pflastersteine sollen vierkantig oder rechteckig sein; die Steine selbst sollen gut behauen oder beschlagen, auf den gegenüberliegenden Flächen von gleichen Abmessungen sein und flache regelmäßig rechteckige Kopfflächen und von Unebenheiten frei und einen genauen Anschluß ermöglichende Seitenflächen besitzen.

Die Länge und Breite der Satzfläche sollen um nicht mehr als 4 cm kleiner als die kleine Seite der Kopffläche sein, bzw. nicht um mehr als 3 oder 4 cm kleiner als die zugehörigen Seiten der Kopfflächen.

Nach den Bestimmungen bezüglich der Bearbeitung der Steine unterscheidet man: ordinäre (d. s. die Steine, wie sie aus der eigentlichen Grube kommen) bis doppelt behauene Steine, d. s. demi-retaillé (sehr üblich!) und retaillé (in den Werkstätten genauer bearbeitet). Hie und da strebt man darnach, die mehr vollkommen bearbeiteten Steine zu erhalten, weil mit einer ziemlich geringen Preiserhöhung eine viel schönere Pflasterung erreicht wird.

Das Behauen des Steines soll dem Muster entsprechend erfolgen, welches bei der Submission eingeliefert worden ist.

Abmessungen. Die vorgeschriebenen Abmessungen sind sehr verschieden. Sie sind:

Für vierkantige Porphyrpflastersteine						
Sorte	Länge der Seiten in cm			dazugehörige Kantensteine		
	Kopffläche	Satzfläche	Höhe	Kopffläche	Satzfläche	Höhe
2	18 bis 20	16 bis 18	18			
3	16 bis 18	14 „ 16	16	32 × 16	26 × 16	30
4	14 „ 16	12 „ 14	14	27 × 14	23 × 14	26
5	12 „ 14	10 „ 12	12			
6	10 „ 12	8 „ 10	10			

Oder: Kopffläche 14 bis 16, Seiten der Satzfläche wenigstens 10, Höhe 14 cm.

Ein übliches Format für rechteckige Porphyrpflastersteine ist das folgende: 13 × 20 cm Kopffläche, 12 bis 14 oder 15 cm Höhe.

Digitized by Google

Andere Formate sind: Kopffläche 14 × 16, die Seiten an den Satzflächen wenigstens 10 cm, Höhe 14, bzw. 9 × 15, 5 × 11 und 12 (s. g. recoupins faconnés) oder 16 × 18, wenigstens 10 und 16 cm. Kantensteine: 24 bis 27 × 12 bis 15, Höhe 20 cm.

Für Grauwacke und Grès (Sandstein) Pflastersteine

	Kopffläche cm		Satzfläche cm	Höhe cm
	13 × 20		11 × 18	12 bis 14
	10 × 16		8 × 14	15
		Seitenlänge		
	14 × 16	wenigstens	12	14
	10 × 16		9 × 14	14 bis 16
Kantensteine:	30 × 13			15
	20 × 20			25
Für Melaphyr:				
Pflastersteine	13 × 20			14 bis 16, wobei der Mittelwert wenigstens 15 cm sein soll
Für Granit:				
Pflastersteine	13 × 20			12 × 14
	10 × 24			
	16 × 18		14 × 16	16
Für Lava:				
Pflastersteine	10 × 16			

Für Dornikscbe Steine:
Kantensteine: Länge wenigstens 35, Breite oben 14, unten 12, Höhe 30 cm.

Zur Herstellung des erforderlichen Verbandes und zum Anschlusse an die Bordsteine muß eine gewisse Zahl „Anfänger" geliefert werden von anderthalbfacher Länge der gewöhnlichen Steine.

In den Abmessungen sind folgende Spielräume gestattet: In der Länge ± 1 cm, in der Breite ± ½ cm, und zwar sowohl für die Kopfflächen als auch für die Satzflächen, jedoch in dem Sinne, daß die Fläche des Steines der vorgeschriebenen entspricht, so daß unter allen Umständen dieselbe Zahl von Steinen auf den m² kommt. (Z. B. für das Format 13 × 20: 35 Steine. Andere Bestimmungen tolerieren + 1 cm für Länge und Breite oder ± ½ cm für die Breite und ± 2 cm für die Länge oder ± 2 cm sowohl für die Länge als auch Breite.)

Beschaffenheit. Die ganze Lieferung soll aus einem einzigen Steinbruch stammen. Die Qualität der Lieferung soll dem Muster, welches bei der Ausschreibung eingeliefert und genehmigt worden ist, entsprechen. Ergibt die Prüfung einer Probe, bestehend z. B. aus vier Pflastersteinen, durch eine Versuchsanstalt ungünstigere Resultate als bei Stellung der schriftlichen Offerte zugesichert wurde, so kann die Annahme der ganzen Lieferung verweigert werden.

Grèssteine (Sandsteine) sollen ohne Adern, Schichten und heterogenen Teilen sein und sollen eine gleichmäßige und genügende, allen Pflastersteinen derselben Steinsorte entsprechende Härte besitzen. Für sogenannte Ourthe-Pflastersteine ist ein maximaler Gehalt von 15 von Hundert kohlensauren Kalk vorgeschrieben.

Digitized by Google

Basaltsteine sollen regelmäßig bearbeitet, ohne anhängende Teile oder Blätter, frei von Ritzen und Rissen, ferner hellklingend und an der Außenseite von gleichmäßiger grauer Farbe, nicht porös, spröde, glasartig oder blätterig sein. Die Bruchflächen sollen glatt oder feinkörnig von einer hellen gleichmäßig schwarzblauen Farbe und ohne weiße sternförmige Flecken und Sonnenbrand sein.

Melaphyrsteine sollen homogen, feinkörnig, ohne Schichtung und von sehr harter Sorte sein. Ist nichts besonderes festgesetzt, dann werden bei der Ausschreibung und Preisbestimmung Muster geliefert und aus diesen mit Rücksicht auf die Angebote und den Preis gewählt.

Druckfestigkeit. Mitunter wird eine bestimmte Druckfestigkeit verlangt. Diese ist für Quenaststein im trockenen 3000, im durchnäßten 2700, sowie nach 25maligem Gefrieren 2650 kg pro qcm. Für Melaphyr: trocken 2000, für Grès trocken 2800 oder 2900 kg pro qcm. Für Grauwacke: trocken 2800 kg pro qcm (die letzte Zahl betrug ursprünglich 3600 kg pro qcm, doch wurde die Festigkeitsbedingung allmählich herabgesetzt).

d) Asphalt.

Stampfasphalt. Das Asphaltmehl für Stampfasphalt soll natürlichen Asphaltkalksteinen enstammen. Der Stein soll aus innig miteinander verbundenen kohlensaurem Kalk und Bitumen bestehen und darf auf der Bruchfläche keine weißen Stücke Kalk oder Höhlungen mit reinem Bitumen zeigen. Der Stampfasphalt soll 10 bis 14 von Hundert bituminöse Stoffe enthalten, frei von flüchtigen Ölen sein und nach 6stündiger Erwärmung bei einer Temperatur von 225° C nicht mehr als 2 von Hundert an Gewicht verlieren.

Der Asphaltstein soll mechanisch zu einem Mehl gemahlen werden, welches durch ein Sieb mit 3 mm Maschenweite hindurchfällt. Die Mischung mit schon gebrauchtem Asphalt ist für Stampfasphalt verboten.

Stampfasphaltplatten: Die Asphaltplatten sollen aus natürlichem Asphaltmehl gepreßt werden.

Gußasphalt. Der sogenannte spezielle Gußasphalt soll nach Gewichtsteilen bestehen aus einer Mischung von: Asphaltmastik 100 — Bitumen 6 bis 7 — Kiessand 25 Teile. Er soll von einer derartigen Qualität sein, daß er sich für eine Fahrbahn eignet und soll gegen Abnutzung einen ähnlichen Widerstand leisten wie Plattenasphalt.

Für Schienenfußstützen bei Straßenbahnen soll die Mischung aus 96% Asphaltmastik, 2·5% Trinidadépuré und 1·5% Goudron bestehen.

Asphaltmastik für Ausdehnungsfugen (wo die Fahrbahn an die Bordschwelle grenzt) soll aus natürlichem Asphalt zusammengesetzt werden, Kunst-(Teer-) Produkte sind nicht gestattet.

Anstrich zur gegenseitigen Verbindung der Klötze bei Holzpflaster, zur Füllung der Fugen und zur Überstreichung des Holzpflasters nach Fertigstellung soll aus 87·2% Trinidadasphalt, 8·8% Paraffinöl und 4% Harz bestehen.

e) Bordschwellen.

Der Kohlenkalkstein soll aus einer guten Grube stammen, nicht spröde, ohne weiße Adern, offene Lager oder Salzlöcher sein; Lager darf nur in beschränktem Maße vorkommen und soll überall wenigstens 3 (auch wohl 5) cm von der Kopffläche und Satzfläche entfernt bleiben.

Digitized by Google

Die Schwellen sollen nur aus gesägten Platten hergestellt sein, die 4 Seitenflächen müssen eben bearbeitet sein und die Endflächen gut ineinandergreifen.

f) Sand.

Der Sand soll möglichst rein sein, ohne Schotter, Ton, Moor oder andere Bestandteile oder fremde Bodenarten.

g) Ton.

Der Ton soll fest und zäh sein, möglichst ohne Sand, Pflanzenwurzeln, Rohrenden, Kot, Kies, Muscheln usw.

h) Muscheln.

Die Muscheln dürfen nicht gewaschen sein.

II. Kunstprodukte.

a) Hochofenschlacke.

Bei Schlackensteinen sollen die an gegenüberliegenden Flächen befindlichen Abmessungen gleich sein. Das Format dieser Steine ist 20 cm lang, 9 cm breit, $12^1/_2$ cm hoch, bzw. 23, 9 und 10 cm. Die Oberfläche soll ganz eben ohne Blasen und Löcher oder nennenswerte Verdickungen sein. Die Rippen von Kopf- oder Satzflächen sollen schräg abgeschnitten sein. Zum Verband muß eine gewisse Anzahl Anfänger von halber Länge geliefert werden. Die Farbe soll weiß oder schwach rötlich sein. Braune und blauschwarze Steine sind von der Verwendung auszuschließen. Das spezifische Gewicht soll nicht unter ein gewisses Minimum heruntergehen (weil sonst zu viel Hohlräume im Stein vorkommen).

b) Zement.

Die Vorschrift der letzten Zeit lautet: Der Portlandzement soll langsam bindend sein. Zwischen dem Zeitpunkte des Anmachens und dem Ende des Abbindens soll nicht weniger als 4 und nicht mehr als 8 Stunden verlaufen. Die Prüfung hat nach Angaben der Direktion stattzufinden. Dabei soll der Zement den Bedingungen der „Deutschen Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement“ (Dezember 1909) insofern entsprechen, als sowohl Proben mit Lufterhärtung als auch Proben mit Erhärtung unter Wasser genommen werden sollen.

Außerdem soll der Zement bezüglich der Volumbeständigkeit der Kochprobe sowie der Le Chatelierschen Probe (maximale Ausdehnung 10 mm) entsprechen.

Eine abnormale chemische Zusammensetzung kann nach Beurteilung der Direktion Veranlassung zur Zurückweisung der Lieferung geben.

Das spezifische Gewicht des Portlandzements darf nach vorhergehender Glühung nicht weniger als 3·10 sein.

Der Portlandzement soll mindestens während eines Monates in der Fabrik lagern.

Der Portlandzement soll das Produkt künstlicher Herstellung sein und darf keinen Naturzement, kein Schlackenmehl oder andere Beimischungen enthalten und soll in Fässern oder Säcken, gehörig versiegelt und mit einer Fabriksmarke versehen, zur Ablieferung gelangen.

Platten (für Trottoir und andere Zwecke).

Die Platten werden aus Basalt- oder Quenastkleinschlag und Zement angefertigt, sie haben Abmessungen von $30 \times 30 \times 5$ cm, mit schrägen Rippen.

Digitized by Google

Bruchprobe. Die Platten sollen bei Auflagerung in liegendem Zustande auf zwei Messer, mit 20 cm Abstand von Mitte zu Mitte sowohl in lufttrockenem wie durchnäßtem Zustande, bei Belastung in der Mitte, einen Widerstand gegen Bruch von wenigstens 40 kg/qcm auf dem gemessenen Querschnitte zeigen. Der Mittelwert aus 6 Proben entscheidet.

Abnutzungsprobe. Die Höhenabnahme eines Probestückes von $6 \times 6 = 36$ qcm, geschliffen auf einer mit der Geschwindigkeit von 20 Umdrehungen in der Minute sich drehenden Scheibe unter einem Drucke von 0·6 kg/qcm, wobei pro 22 Umdrehungen 20 Gramm Naxos Amaril Nr. 3 unter das Probestück gebracht wird, darf nach 15 Minuten andauerndem Schleifen nicht mehr als 0·5 cm betragen. Der Mittelwert aus 2 Proben ist maßgebend

Wasseraufnahme. Nach vorhergehender, vollkommener Austrockung und daranfolgender Tauchung unter Wasser während 4×24 Stunden, darf die Wasseraufnahme nicht mehr als 16 von Hundert des ursprünglichen Volumens betragen.

Fallprobe. Platten der obenerwähnten Abmessungen, die in einem Behälter mit scharfem Sande gebettet werden, sollen einem Fallgewicht von 10 kg bei wenigstens 20 cm Fallhöhe, wobei die Fallhöhe allmählich größer genommen wird, Widerstand leisten.

c) Backstein.

Klinkerpflaster aus Hartbrandsteinen.

Abmessungen: Die vorgeschriebenen kleinsten Abmessungen für Klinker sind: $19·5 \times 8 \times 4·8$ cm; für dasselbe Werk beiderseits gleicher Größe, mit einem Spielraume für Länge, Breite und Stärke von bzw. 2, 3 und 4 von 100.

Um auch sogenannte Rheinklinker liefern zu können, hat der Vorstand des Vereines der niederländischen Backsteinfabrikanten bei der Regierung eine Abänderung der „Allgemeine Vorschriften" (Departement Waterstaat) in Vorschlag gebracht, dahingehend, daß die minimalen Abmessungen auf $16·5 \times 7·8 \times 4·5$ festgesetzt werden, welche Abmessungen schon in verschiedenen Bauplänen gestattet sind.

Andere Bestimmungen für die kleinsten Abmessungen lauten: $20 \times 8·5 \times 5$ und $19·5 \times 8·5 \times 4·8$ cm.

Beschaffenheit: Die Steine sollen gut geformt, gut durchbacken, durchaus von gleicher Härte und bis zur Sinterung erhitzt (oder im Falle geringer Sinterung sind unbedingt gezogene oder sogenannte Pferdeklinker zu vermeiden), ferner ohne Risse, Kies oder Erzteile, hellklingend und nicht spröde sein. Verschlackte oder verglaste Teile dürfen darin nicht vorkommen. Sogenannte Rassel, ferner Mundsteine, Steine mit verbrannten oder weißen Köpfen, gerissene und krumme Steine werden nicht angenommen.

Bisweilen ist vorgeschrieben, daß die Steine von Flußton angefertigt und nach Farbe und Härte sortiert sein sollen.

Druckfestigkeit. Die vorgeschriebene Druckfestigkeit schwankt von 335 bis 500 kg/qcm, in letzter Zeit wird oft 500 kg/qcm gefördert; für einigermaßen gezogene Klinker, sogenannten Pferdeklinker, ist die Festigkeit von 500 bis 700 kg/cm^2 vorgeschrieben.

Wasseraufnahme: Nach vorhergehender vollkommener Trocknung und folgender Eintauchung in Wasser sollen die Steine nach 3×24 Stunden nicht mehr als 10 von Hundert von ihrem Volumen an Wasser aufnehmen. Dieser Prozent-

Digitized by Google

satz wird auch wohl auf 9·5 oder 9 und selbst 5 von Hundert erniedrigt, da der obengenannte Vorstand nach seiner Meinung die Zahl von 10% zu hoch hält.

Bisweilen werden sogenannte Rheinklinker zu Bürgersteigen von dieser Vorschrift befreit.

Ironbricks.

Die Ironbricks sollen auf den Bruchflächen keine Farbenmischung zeigen, sondern eine gleichmäßige dunkelblaue Farbe.

d) Schutt (Gebröckel). Die Abmessungen der Schuttstücke, die zu einer regelmäßig geordneten Unterschicht für Fahrbahnen dienen sollen, dürfen nicht kleiner sein als halbe Steine, für Schuttstraßen sollen sie auf 4 bis 5, bzw. auf 4 bis 6 oder 3 bis 6 cm zerkleinert werden.

Der Schutt darf nicht mit Tiegelscherben, Staub, Kehricht oder anderen Stoffen verunreinigt sein und muß, wenn er etwa von altem Mauerwerk herrührt, vom Mörtel gereinigt sein.

Die Härte soll für obengenannte Unterschichten wenigstens „boerengrann" (Bauerngrau), für Schuttstraßen wenigstens „hardgrann" (Hartgrau) sein.

Außerdem besteht die Vorschrift: Der Schutt soll je zur Hälfte aus Klinkern und „hardgrann" oder gänzlich aus Klinkern geklopft sein. (Dabei ist zu beachten, daß „Hartgrau" schwächer gebrannt ist als Klinker und „boerengrau" wieder schwächer als „Hartgrau".)

e) Kohlengrus.

Steinkohlengrus soll in Stücken von 3 bis 5 cm, ohne Asche, unverbrannte Steinkohlen oder fremde Bestandteilen geliefert werden.

III. Holz.

a) Holzklötze.

Die australischen Harthölzer sollen dem eingesendeten Muster entsprechend sein und Abmessungen: 20 cm lang, 7·5 cm breit und 10 cm hoch besitzen. Die Kopffläche soll Stirnholz (Kopfholz) sein; die Fasern sollen demnach in der Richtung der Höhe verlaufen.

Die Klötze sollen vierkantig dick besägt und von richtiger Höhe und Breite sein; sie müssen trocken, unverletzt, ohne Risse, ohne große Äste, ohne Herz- und Splintholz, Harzlöcher, Naß- oder Trockenfäule sein. Das Holz soll wenigstens ein Jahr bereits in Europa gelagert haben.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXVII1
DIE FEUERSICHERHEIT VON BETON UND EISENBETON.

Bericht von **Edwin O. Sachs,** F. R. S. Ed., London,
Vorsitzender des British Fire Prevention Committee.
(Übersetzt von Th. Scharff)

Meine Herren!

Wenn ich mich heute an Sie wende, so geschieht es in der Absicht, Ihre Zustimmung zu den Anträgen zu erhalten, die ich am Schlusse meines Vortrages zu stellen mir gestatten werde.

Allgemeines.

Um Ihnen eine Vorstellung davon zu geben, in welcher Weise das British Fire Prevention Committee seine Versuche mit Baumaterialien durchführt, möchte ich folgende Einzelheiten mitteilen über die Zusammensetzung der Kommission im allgemeinen, über die bestehenden Normen, nach denen sie bei ihren Deckenprüfungen, die in dieser Frage von besonderer Bedeutung sind, arbeitet und über die Einrichtung ihrer Prüfungsanstalt. Hierüber in einem Bericht dieser Art hinauszugehen, würde zu weit führen, denn obgleich Prüfungen von Teilungswänden und selbst von Türen bei einer Erörterung dieses Themas Beachtung verdienen, so gibt Ihnen doch die Anwendung des Prinzips auf Deckenkonstruktionen die Grundzüge, nach denen zu verfahren ist.

Der Zweck der Versuche, wie sie seitens des British Fire Prevention Committee unternommen werden, ist der, zuverlässige Grundlagen über die wirkliche Feuersicherheit der verschiedenen Baustoffe und Konstruktionsweisen, die im praktischen Bauwesen

Digitized by Google

vorkommen, zu gewinnen und genaue Einzelheiten anzugeben in bezug auf Feuerverhütung, Feuermeldeeinrichtungen oder Feuerlöschapparate.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind in keiner Weise beeinflußt, die Versuche werden nach wissenschaftlichen Grundsätzen durchgeführt, aber ohne den beabsichtigten praktischen Zweck aus den Augen zu verlieren. Vollkommene Zuverlässigkeit ist gewährleistet, da die Aufzeichnungen meistens selbsttätig oder auf photographischem Wege erfolgen.

Alle Protokolle über Prüfungen stellen nackte Tatsachen und Vorgänge fest in Tabellen, Schaulinien und Abbildungen und auf keinen Fall werden Protokolle abgegeben, die Meinungsäußerungen oder irgendeinen Ausdruck enthalten, der als ein Vergleich oder eine Kritik aufgefaßt werden könnte.

Die allgemeine Anordnung und die Leitung der Versuche liegt in den Händen des Arbeitsausschusses des British Fire Prevention Committee, der nach bestimmten Grundsätzen arbeitet, die nach sorgfältigem Studium und auf Grund von Erfahrungen aufgestellt sind. An den offiziellen Prüfungen nehmen die Mitglieder des Vorstandes und die Mitglieder der Kommission abwechselnd teil.

Prüfungen auf Feuersicherheit werden mit Baustoffen, Konstruktionsweisen und Apparaten, die allgemein im Gebrauch sind und für die ein Eigentumsrecht nicht beansprucht wird, seitens des Arbeitsausschusses von Zeit zu Zeit vorgenommen, soweit es die beschränkten Hilfsmittel der Kommission gestatten. Solchen Untersuchungen wird vom Arbeitsausschuß erhebliche Bedeutung beigemessen, da unsere Kenntnis der Wirksamkeit Feuer verhütender Bauweisen und Einrichtungen in den allgemeineren Ausführungsformen sehr lückenhaft ist

Wer an feuersicheren Baustoffen, Konstruktionsweisen oder Apparaten kaufmännisch interessiert ist, kann Prüfungen beantragen, für die ein Gebührensatz besteht, dessen Höhe je nach der Art des zur Untersuchung angelieferten Gegenstandes und den erforderlichen Vorbereitungen wechselt. Diese Gebühren sollen teilweise oder ganz die Kosten decken, die aus den Versuchen erwachsen, nach Abzug eines angemessenen Anteiles für die Ausgaben, die durch die Unterhaltung der Prüfungsanstalt entstehen, für die Kosten der Herausgabe des illustrierten offiziellen Versuchsprotokolles an die Mitglieder der Kommission und für Schreib-

Digitized by Google

hilfe etc. im allgemeinen. So können Gegenstände, auf die ein Eigentumsrecht geltend gemacht wird, zur kritischen Beurteilung vor die Kommission gebracht werden, und Erfindern, Fabrikanten und anderen mehr ist Gelegenheit gegeben, ein offizielles Protokoll über die Wirksamkeit ihrer Sondererzeugnisse zu erhalten gegen einen Preis, der den Kosten, die mit solchen Untersuchungen verbunden sind, entspricht oder darunter bleibt.

In allen Fällen, mag es bei den Prüfungen sich um ein Erzeugnis handeln, das einem Eigentümer gehört oder nicht, wird die persönliche, erfahrene Leitung und Überwachung der Versuche sowohl wie die Vorbereitung der Protokolle seitens der Mitglieder freiwillig übernommen. Kein Honorar in irgendeiner Form oder etwa persönliche Auslagen werden den Mitgliedern der Kommission für solche Dienste vergütet. Selbstverständlich könnte die Prüfungsanstalt ohne die erheblichen Mittel nicht bestehen, die von einigen Ehrenmitgliedern der Kommission für ihre Anlage und Unterhaltung bereitgestellt sind. Diese sind völlig durchdrungen von der Bedeutung derartiger Forscherarbeit und betreiben diese Untersuchungen aus Liebhaberei.

Die Prüfungstätigkeit der Kommission begann im Jahre 1899 und während der zwölf Jahre, die seitdem verstrichen sind, sind nicht weniger als 180 verschiedene Objekte zur Prüfung gelangt, von denen einige nicht nur eine Brandprobe im gewöhnlichen Sinne, sondern eine Reihe ausgedehnter Versuche und Untersuchungen erforderlich machten. Einige 125 „Rote Bücher" sind von der Kommission herausgegeben worden, die Protokolle über Brandproben enthalten. Ein streng befolgter Grundsatz ist der, daß das Ergebnis jedes Versuches — ein günstiges, schlechtes oder mittelmäßiges — illustriert in ungekürzter Form veröffentlicht werden soll.

Im Laufe der Zeit und als die Ergebnisse der früheren Versuche — sagen wir die vor zehn Jahren — anfingen in Vergessenheit zu geraten, wurde beim Arbeitsausschuß des British Fire Prevention Committee angeregt, es sei eine Zusammenfassung der Prüfungsvorgänge in irgendeiner Form notwendig, und zwar was das Wichtigste ist, derart, daß sie durch Nachschlagen leicht aufzufinden seien. Die Tabellenform empfahl sich von selbst und nach vielem mühsamem Probieren beim Entwerfen von Tabellen

Digitized by Google

hat man sich für ein Muster entschieden, das hoffentlich Billigung finden wird.

Man beschloß, Tabellenreihen getrennt nach einzelnen Erzeugnissen herauszugeben. Die zu behandelnden Gegenstände waren zunächst:

Feuersichere Decken,

Feuersichere Türen,

Feuersichere Teilungswände.

Später werden voraussichtlich ähnliche Tabellenreihen in bezug auf andere Ausführungsarten des Hochbaues herausgegeben werden und in bezug auf Feuerschutzeinrichtungen, wie z. B. transportable Feuerlöschapparate.

Was die Zwischendecken, Türen und Teilungswände anbelangt, so wurde beschlossen, die Tabellen in Übereinstimmung mit den „Allgemeinen Feuersicherheitsnormen", die auf dem im Jahre 1903 in London abgehaltenen Internationalen Feuerverhütungs-Kongreß festgesetzt wurden, einzurichten. Damals war ungefähr alles, was in der zivilisierten Welt an dieser Frage interessiert ist, zugegen oder vertreten. Da waren 800 Kongreßmitglieder und 200 Abgeordnete von Körperschaften erschienen, hierin eingerechnet die sieben Vertreter unserer eigenen Regierungsbezirke und einige 15 Vertreter der Kolonien und fremder Regierungen.

Die den Normen gemäß vorgenommene Zusammenstellung der Versuche bedingte die Einteilung in folgende Klassen:

„Voller" Feuerschutz,

„Teilweiser" Feuerschutz und

„Zeitweiser" Feuerschutz.

Man hielt es für ratsam, unverhohlen zu zeigen, ob die Unterbringung unter diese Hauptgruppen das Richtige traf oder nicht, wenn der „Versuchsgegenstand" nach einer im ersten Augenblicke vorgenommenen Feststellung erkennen ließ, welche Gruppe in Frage kommen würde.

Von 1903 an bietet die Einordnung der Versuche unter Zugrundelegung der obigen Hauptgruppen keine Schwierigkeiten, da die Allgemeinen Normen seit jenem Jahre für die Forscherarbeit der Kommission als Grundlage gedient haben. Für die früheren Versuche war die Unterbringung unter die genannten Gruppen jedoch nicht so leicht und es wird um Nachsicht gebeten, wenn die Einteilung jener früheren Versuche unter die Allgemeinen

Digitized by Google

Normen nicht so vollkommen ist, als man es bei ihrer Zusammenstellung gewünscht hätte. Man hielt die Anwendung der Normen mit Rückwirkung auf die Zeit vom Jahre 1903 bis zur Eröffnung der Prüfungsanstalt im Jahre 1899 für unerläßlich, um umfassende Grundlagen vorlegen zu können. In der Mehrzahl der Fälle waren Weitläufigkeiten hierbei nicht zu befürchten, nur in einem oder zwei Fällen wichen die früheren Versuchsbedingungen etwas von denen der Allgemeinen Normen ab. In diesen wenigen Fällen mußte die Einreihung der Ergebnisse in diese Tabellen dem Ermessen des mit der Bearbeitung Beauftragten überlassen werden.

Für die ersten Prüfungen der Kommission bestanden keine bestimmten Normen, doch bildete sich bald eine einheitliche Handhabung heraus. Dies war natürlich nicht ganz einfach, da die Kommission auf dem Gebiete der systematischen Feuersicherheitsprüfung im Jahre 1897 bahnbrechend vorgehen mußte und zur Zeit der Gründung der Londoner Anstalt kein derartiges Prüfungsamt existierte, das sich ausschließlich dieser Aufgabe widmete.

Im Jahre 1903 wurden jedoch Allgemeine Normen auf dem Londoner Feuerverhütungs-Kongreß desselben Jahres angenommen, an dem, wie oben bereits erwähnt, einige 800 Abgeordnete und Mitglieder teilnahmen, unter diesen auch einige der fähigsten und geachtetsten Vertreter Ihres mächtigen Landes, an ihrer Spitze Professor Woolson und Mr. Hexamer.

Allgemeine Normen.

Um auf die leitenden Gesichtspunkte der Allgemeinen Normen näher einzugehen, scheint es mir angebracht, das Exposé hier kurz zu wiederholen, das vor dem Kongreß von 1903 herausgegeben wurde, und in dem die Begründung für die angenommene Klassifikation gegeben wird. Das Exposé lautet wie folgt:

Der Arbeitsausschuß des British Fire Prevention Committee hat dem allgemein verbreiteten Mißbrauch der Bezeichnung „feuerfest", die zurzeit ohne Unterschied und oft ohne Berechtigung vielen in Großbritannien gebräuchlichen Baumaterialien und Baukonstruktionen beigelegt wird, nachgeforscht und ist zu dem Schlusse gekommen, daß es notwendig ist, diese Bezeichnung aus dem geschäftlichen, technischen und juristischen Sprachgebrauch zu verbannen.

Digitized by Google

Der Arbeitsausschuß hält die Bezeichnung „feuersicher" für empfehlenswerter und besser geeignet, die Fähigkeit der verschiedenen Baumaterialien und Konstruktionen zu kennzeichnen, dem Feuer für kürzere oder längere Zeit bei hohen oder niederen Temperaturen Widerstand zu leisten. Er schlägt daher vor, statt „feuerfest" die Bezeichnung „feuersicher" allgemein anzuwenden.

Ferner ist der Arbeitsausschuß in Anbetracht der großen Verschiedenheit der Feuersicherheit der Baumaterialien und Konstruktionen der Meinung, daß das Publikum, die Interessentenkreise und die Baubehörden genau unterscheiden müssen zwischen dem für verschiedene Arten von Gebäuden errreichbaren oder tatsächlich erforderlichen Grad des Feuerschutzes. Es bedarf doch z. B. ein mit schweren feuergefährlichen Gütern angefülltes Speichergebäude der Innenstadt eines ganz anderen Feuerschutzes als ein kleines Miethaus in der Vorstadt.

Der Arbeitsausschuß will bei den feuersicheren Materialien und Baukonstruktionen unterschieden sehen, zwischen solchen, die zeitweisen, die teilweisen oder vollen Schutz gegen Feuer bieten, und möchte nach diesen drei Graden alle Baumaterialien und Konstruktionen klassifizieren. Die genaue Abgrenzung dieser drei Klassen ist erfolgt nach dem Ergebnisse zahlreicher Untersuchungen und Proben, sowie nach den bei Bränden gesammelten Erfahrungen unter sorgfältiger Berücksichtigung der dem praktischen Bauwesen gezogenen Schranken und der Kostenfrage.

Die vom Arbeitsausschuß vorgeschlagenen Mindestforderungen an die Feuersicherheit der Baumaterialien oder Konstruktionen sind in den beigefügten Tabellen enthalten für:

I. Feuersichere Zwischendecken,
II. Feuersichere Wände,
III. Feuersichere Türen.

Dieselben lassen sich kurz dahin zusammenfassen, daß die Klasse:

a) zeitweiser Schutz: Widerstand gegen Feuer für mindestens $^3/_4$ Stunden,
b) teilweiser Schutz: Widerstand gegen heftiges Feuer für mindestens $1^1/_2$ Stunden,
c) voller Schutz: Widerstand gegen heftiges Feuer für mindestens $2^1/_2$ Stunden voraussetzt.

Digitized by Google

Die genauen Bedingungen, unter denen dieser Widerstand geleistet werden muß, besonders hinsichtlich der Mindesttemperatur, Dicke des Materials, Belastung und in bezug auf Bespritzen mit kaltem Wasser unter Druck, werden die Interessenten leicht aus den beigefügten Tabellen entnehmen können. Für das Publikum aber, dessen Interesse an dieser Klassifikation geweckt werden soll, wird die Dauer des Widerstandes allein maßgebend sein.

Es ist wünschenswert, daß diese Normen sowohl in England als auch auf dem Kontinent und in den Vereinigten Staaten als allgemeine Normen anerkannt werden, so daß in Zukunft ein einheitliches Klassifikationssystem in allen Ländern herrscht.

Mit den Vorarbeiten hierfür ist bereits begonnen worden.

Das obige Exposé kann als Einleitung zu den Anträgen angesehen werden, die wie folgt lauteten und die sich als sehr erfolgreich erwiesen haben. Die Anträge lauteten:

Der Begriff: „Feuerfest".

Der Kongreß hat den ständigen Mißbrauch der Bezeichnung „feuerfest" und ihre Anwendung auf viele gebräuchliche Baumaterialien und Bauweisen ohne Unterschied und ohne Berechtigung erkannt und ist zu der Überzeugung gelangt, daß diese Bezeichnung im geschäftlichen und technischen Verkehr notwendig vermieden werden muß.

Der Begriff „Feuersicher".

Der Kongreß hält die Bezeichnung „feuersicher" im Verkehr für passender und besser geeignet, die Fähigkeit der verschiedenen Baumaterialien und Konstruktionsweisen zu kennzeichnen, der Einwirkung von Feuer für kürzere oder längere Zeit und je nach Umständen bei hohen oder niederen Temperaturen Widerstand zu leisten. Er empfiehlt daher statt „feuerfest" allgemein die Bezeichnung „feuersicher" anzuwenden.

Feuersicherheitsnormen.

Der Kongreß ist mit den Feuersicherheitsnormen, wie sie von dem British Fire Prevention Committee vorgeschlagen sind, einverstanden und beschließt in Übereinstimmung mit dessen Einteilung, daß die Allgemeinen Feuersicherheitsnormen in Zukunft unterscheiden sollen zwischen:

Digitized by Google

Zeitweisem
Teilweisem
Vollem
} Feuerschutz.

Wenden wir uns jetzt zu der im dritten Antrage erwähnten Klasseneinteilung des Fire Prevention Committee, so soll hier nur die Behandlung der feuersicheren Zwischendecken wiedergegeben werden. Sie ist wie folgt geregelt:

Normentabelle für feuersichere Zwischendecken.

Klassifikation	Unterabteilung	Geringste Zeitdauer des Versuches	Niedrigste Temperatur	Gleichmäßige Belastung per m² kg	Kleinste geprüfte Fläche	Geringste Zeit für das Bespritzen mit Wasser
Zeitweiser Schutz	Klasse A	45 Min.	815·5° C.	Beliebig	9·290 m²	2 Min.
	Klasse B	60 Min.	815·5° C.	Beliebig	18·580 m²	2 Min.
Teilweiser Schutz	Klasse A	90 Min.	982·2° C.	546·852	9·290 m²	2 Min.
	Klasse B	120 Min.	982·2° C.	820·278	18·580 m²	2 Min.
Voller Schutz	Klasse A	150 Min.	982·2° C.	1093·706	9·290 m²	2 Min.
	Klasse B	240 Min.	982·2° C.	1367·130	18·580 m²	5 Min.

Die Einteilung hat sich, wie hinzugefügt werden möge, als brauchbar und gerecht erwiesen. Sie ist in den Hauptweltstaaten durchweg angenommen worden, wenn auch gelegentlich mit einigen kleinen Abänderungen, wo eine kritische Beurteilung unabhängiger und amtlicher Feuerproben stattgefunden hat. In New-York z. B., wo die Prüfungsanstalt der Columbia-Universität unter Leitung von Professor Ira Woolson in ihrer Anlage dem Ideal zweckmäßiger Prüfungseinrichtungen in den Augen des Fire Prevention Committee ziemlich nahe kommt, vor allen Dingen auch was ihre Unabhängigkeit in Verwaltung und Berichterstattung anbelangt, werden bei den Versuchen strengere Forderungen hinsichtlich der Höhe der Temperatur gestellt, nämlich „926·6° C. im Durchschnitt“ statt „bis zu 982·2° C.“ und werden die Decken nach der Probe wieder

Digitized by Google

mit einer noch höheren Last belastet Diese beiden Anforderungen schienen für die nach Vorschlag der Kommission vorzunehmenden Prüfungen nicht wesentlich, sie können aber dazu dienen, solche, die diese Proben für die Klasse „voller Feuerschutz" für zu streng halten, daran zu erinnern, daß anderswo noch strengere Proben verlangt werden. Die Forderung sehr scharfer Proben wird von denen, die sie stellen, auf die Annahme gestützt, daß bei der Herstellung von Konstruktionen für Versuchszwecke größere Sorgfalt geübt wird, als in der gewöhnlichen Praxis angewendet würde. Dies trifft zu, aber nicht in demselben Maße in England wie in den Vereinigten Staaten. Im allgemeinen ist die Beaufsichtigung der Bauten während ihrer Ausführung in Großbritannien ziemlich streng, während nur zu viele jener Bauordnungen, die in den Vereinigten Staaten als Landesgesetze bestehen, wirkungslos sind, da die Überwachung durch die Lokalbehörden entweder nicht existiert oder zu lax ist. Ein Probestück, wie z. B. ein Deckenfeld oder eine Tür, braucht, wenn es dem British Fire Prevention Committee zu überliefern ist, nicht als etwas angesehen zu werden, das ganz hervorragende Eigenschaften besitzen muß, wie in den Vereinigten Staaten, d. h. als etwas, das auch eine ganz ungewöhnliche Probe erfordert. Bei uns ist das Probestück zweifellos oft von besserer Qualität als das bei der üblichen Herstellungsweise entstandene Werkstück, aber die Normen tragen diesem Umstande Rechnung und in der Praxis bewährt sich die unbedingte Sachlichkeit des englischen Prinzips unter den einheimischen Verhältnissen so gut wie unter denen der meisten europäischen Staaten. Wenn eine in einem Bau in London auf Grund eines gewöhnlichen Baukontraktes hergestellte Decke, bei deren Ausführung an eine Probe nicht gedacht ist, die Bedingungen für „vollen Schutz" nach den Allgemeinen Normen für die Dauer von drei statt von vier Stunden erfüllen würde, so würde sie nach den Anschauungen des gewöhnlichen Lebens in die Vier-Stundenklasse hineingehören, für das Probestück werden aber nur etwas mehr als drei Stunden gefordert. Man darf annehmen, daß Probestücke oft um ein Drittel besser sind als reguläre Londoner Arbeit und diese Annahme, zu der man gelangte, nachdem die Prüfungsanstalt vier Jahre im Betrieb gewesen war, ist aus der Praxis hervorgegangen.

Wenn wir jetzt auf die üblichen Prüfungsbedingungen näher eingehen, so erscheint eine kurze Beschreibung der Prüfungsanstalt

Digitized by Google

und die Angabe einiger Einzelheiten über den Prüfungsvorgang angebracht.

Die Prüfungsanstalt des Fire Prevention Committee.

Augenblicklich umfaßt die Prüfungsstation der Kommission ein auf eigenem Grund und Boden errichtetes Gebäude, hinter welchem drei Prüfkammern angelegt worden sind. Zwei von diesen messen 6·98 m bei 3·14 m, die eine 6·98 m bei 4·71 m. Die Kammern bestehen aus Hartbrandsteinen (in Kalkmörtel) und eignen sich zu Versuchen mit Deckenplatten, Teilungswänden, Türen etc., die nur einer geringen Gefügeänderung unterworfen sind.

Als Brennmaterial dient im allgemeinen Gas, das aus Holzkloben (alten Balken oder Schienenschwellen) gewonnen wird. Das Gas wird vom Generator aus (von Messrs. W. F. Mason Ltd. gebaut) durch Rohre in die verschiedenen Räume geleitet und seine Menge durch Ventile und Drosselklappen geregelt. Nachdem das Gas durch Verteilungsrohre in die Versuchsräume gelangt ist, wird es mit Hilfe lose aufgehäufter Schamottesteine ausgebreitet.

Jede Kammer hat Türöffnungen, Lüftungs- und Beobachtungslöcher. Die Türen werden während eines Versuches in der Regel durch Mauerwerk geschlossen, die Ventilationsöffnungen je nach dem Bedürfnis mit Schamottesteinen oder feuerfestem Ton zugesetzt.

In jeder Kammer, die zu einer Deckenprüfung benutzt wird, ist es möglich, die zu untersuchende Platte mindestens 2·50 m über dem Fußboden des Raumes anzuordnen. Die Kammern sind mit verzinktem Eisenblech überdacht oder mit Persenningen, die erforderlichenfalls auf Holzgerüsten liegen.

Ziegelsteine oder Betonblöcke dienen als Belastungsmaterial, soweit solches auf die zu prüfenden Decken aufgebracht werden kann. Ein Wasserstrahl wird, falls erforderlich, mittels einer Dampfspritze gegen die Untersicht der Decke gerichtet. In der ersten Zeit des Bestehens der Anstalt bediente man sich einer Handfeuerspritze.

Temperaturmessungen werden soweit als möglich mit Hilfe von Pyrometern vorgenommen. Die benutzten Apparate sind selbstzeichnende Pyrometer, die von dem verstorbenen Sir William Chandler Roberts-Austen, K. C. B., F. R. S. entworfen und von Messrs James Pitkin & Co. — London angefertigt sind. Ihr An-

Digitized by Google

zeigen beruht auf der Messung des elektrischen Stromes, der durch thermoelektrische Elemente erzeugt wird, die an verschiedenen Stellen in den Räumen angebracht sind. Diese thermoelektrischen Elemente werden durch isolierte Drähte mit den selbstzeichnenden Apparaten verbunden. Auf diese Weise kann die Temperatur an jedem beliebigen Punkte für jeden Augenblick aufgezeichnet oder beobachtet werden. Die Metalle, aus denen die Thermoverbindungen bestehen, können je nach den Umständen gewechselt werden, in der Mehrzahl der Fälle bedient man sich aber der Platin-Iridiumverbindung, wie sie von Professor Tate schon im Jahre 1873 benutzt worden ist. Diese Thermoverbindungen zeigen Temperaturen bis zu 1650° C. genau an, was beträchtlich höher ist, als sich bis jetzt in der Prüfungsanstalt als nötig herausgestellt hat. Normalthermometer nach Kew werden auch für niedere Temperaturen gebraucht.

Optische Beobachtungen am Versuchsgegenstand werden ebenfalls soweit wie möglich mit Hilfe der Photographie aufgenommen. Durchbiegungen werden mittels Hebel- oder mittels Rollenübersetzung gemessen.

Was die Leitung der Versuche anbelangt, so wird ein Unterausschuß mit jedem Versuche besonders betraut und der Vorsitzende des Unterausschusses übernimmt die Leitung sowohl bei der Durchführung des Versuches als bei der Abfassung des Protokolles. Jedes Protokoll wird durch den Arbeitsausschuß geprüft, bevor es genehmigt und veröffentlicht wird. Die Prüfungsprotokolle sollen nur Tatsachen wiedergeben und alles vermeiden, was als Meinungsäußerung oder Kritik ausgelegt werden könnte.

Bezüglich des Prüfungsvorganges ist zu erwähnen: Handelt es sich bei der Untersuchung um ein Erzeugnis, das einem Eigentümer gehört, so kann dieser als Antragsteller sechs Vertreter entsenden und darf außerdem sechs Teilnehmer als Zuschauer bezeichnen, so daß seine Interessen in gehöriger Weise gewahrt werden können. Ist er ein Fremder, so wird ein Konsulatsbeamter seiner Nationalität gebeten, daran teilzunehmen. Das Protokoll wird dem Antragsteller im Entwurf zur Durchsicht übersandt und im Falle einer Meinungsverschiedenheit hinsichtlich der protokollierten Tatsachen kann er persönlich vor dem Arbeitsausschuß gehört werden.

Digitized by Google

Schluß.

Zum Schluß gebe ich der Hoffnung Ausdruck, daß Sie den von mir in bezug auf die Feuersicherheit von Beton und Eisenbeton formulierten Antrag annehmen werden und daß die Mitglieder dieses großen Internationalen Verbandes der Brandprobe nicht mehr wie bisher eine untergeordnete Bedeutung beimessen werden, wenn es sich um die Wertbestimmung von Konstruktionsmaterialien handelt.

Wenn der Unterausschuß, den einzusetzen ich in Vorschlag bringe, seiner Aufgabe gerecht wird, so könnte sein Arbeitsgebiet wohl noch erweitert werden, vorderhand aber dürfte die Beschränkung auf alle wichtigen brennenden Fragen im Beton- und Eisenbetonbau genügen.

Meine Herren, ich bitte Sie, folgende Anträge anzunehmen:

Feuersicherheit von Beton und Eisenbeton.

I. „Es empfiehlt sich, bei künftigen Festigkeitsuntersuchungen von Beton und Eisenbeton, wie er in Bauwerken zur Verwendung kommt, zuverlässige Unterlagen über die Wirkung von Feuer auf diese Baustoffe bei hohen und bei mäßigen Temperaturen zu gewinnen."

II. „Hinsichtlich der gewünschten Unterlagen handelt es sich insbesondere um:

1. *a*) den Verlust an Festigkeit während der Erhitzung,
   b) den Verlust an Festigkeit nach der Erhitzung (und zwar sowohl bei schneller Abkühlung als bei natürlicher Abkühlung),

2. *a*) den Wert verschiedener Zuschlagstoffe und verschiedener Mischungsverhältnisse von Portlandzement und Zuschlagstoff,
   b) den Wert verschiedener Arten der Bewehrung."

III. „Zur Erlangung dieser Unterlagen sollen in den verschiedenen Ländern so weit wie möglich auf gemeinsamer Basis Versuche vorbereitet werden, und zwar unter Zugrundelegung der „Allgemeinen Normen" des British Fire Prevention Committee für Prüfungen auf Feuerbeständigkeit. Diese Normen sind auf einem Internationalen Kongreß im Jahre 1903 angenommen worden und sollen, soweit es ausführbar ist, als Grundlage für die Prüfungsbedingungen

Digitized by Google

dienen. Jene Bedingungen sind auch in ausgedehntem Maße bei den Versuchen der Prüfungsstation der Columbia-Universität in New-York und anderswo zur Anwendung gebracht."

IV. „Der Vorstand des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik setzt einen Unterausschuß (unter Gruppe 2, Zement, Beton etc.) ein mit dem Auftrage, alle Fragen zu behandeln, die sich aus dem Vorerwähnten ergeben, und unter der Bezeichnung „Unterausschuß für die Feuersicherheit von Beton und Eisenbeton". Dieser Unterausschuß wird ersucht, auf dem nächsten Kongreß Bericht zu erstatten."

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXVII$_2$

BRANDPROBEN MIT DECKENKONSTRUKTIONEN, DURCHGEFÜHRT IN DEN VEREINIGTEN STAATEN.

Von **Ira H. Woolson**, E. M., Consulting Engineer for the National Board of Fire Underwriters, New York, City. und **Rudolf P. Miller**, C. E., Superintendent of Building, New-York, City.

(Übersetzt von K. Naehr.)

Dieser Bericht soll einen kurzen Überblick geben über die Entwicklung und Ausdehnung, die die Brandproben in den Vereinigten Staaten genommen haben, und soll, soweit erhältlich, in gedrängter Form ein Verzeichnis aller mit Deckenkonstruktionen vorgenommenen Feuerproben liefern.

Soweit bekannt, sind die ersten Brandproben mit gegen Feuer widerstandsfähigen Konstruktionen baumäßiger Abmessungen, also in natürlicher Größe in New York City im Jahre 1896 durch einige technische Vereine vorgenommen worden, um das Verhalten von Gußeisen- und von Flußeisensäulen festzustellen, wenn sie in belastetem Zustande ohne schützende Umhüllung dem Feuer ausgesetzt waren. Diese Proben zeigten deutlich, daß auf ein derartiges Material kein Verlaß war, sobald es nicht gegen die Einwirkung des Feuers völlig geschützt ist. Die Proben sind in einem großen Maßstabe durchgeführt worden und sind als sehr wertvoll zu bezeichnen. Es war geplant, gleichzeitig auch eine Serie von mit Schutzhüllen versehenen Säulen zu erproben; aber bedauerlicherweise ist dieser Vorsatz nicht zur Ausführung gekommen.

Kurz nachher machte sich das Bureau of Buildings (Bauamt) in New York City an die Durchführung einer Serie von Brandproben, um die Feuersicherheit verschiedener neuartiger Baukonstruktionen

Digitized by Google

festzustellen, die damals in der City sehr angepriesen wurden. Seit dieser Zeit sind in dieser Stadt an Konstruktionsmaterialien wahrscheinlich mehr Brandproben durchgeführt worden, als in allen anderen Städten der Welt zusammengenommen. Die offiziellen Berichte dieser Proben zählen nach hunderten.

Die Notwendigkeit so zahlreicher Versuche ergab sich aus der hierzulande so bedeutsamen Entwicklung des Wolkenkratzer genannten Gebäudetypus, von dem man schon frühzeitig wußte, daß gerade für ihn Feuersicherheit erforderlich sei, und war weiters eine Folge des so scharfen Wettbewerbes der einzelnen Bauunternehmungen.

Die ersten hier beschriebenen Versuche waren an verschiedenen geeigneten Plätzen der Stadt ausgeführt worden. In den meisten Fällen hatte man ein eigenes Probehaus für jeden solchen Versuch errichtet. Im Jahre 1902 gründete Ira H. Woolson eine beständige Brandprobenstation an der Columbia Universität, und seit damals ist auch die Mehrzahl der Proben gewöhnlich im Verein mit dem Bureau of Buildings hier ausgeführt worden. Einige wenige dieser Proben wurden dann auch noch in anderen Städten vorgenommen.

Leider hat man bloß die Ergebnisse einer recht kleinen Anzahl dieser Proben veröffentlicht. Wir haben nichts aufzuweisen, was sich mit der glänzenden Reihe von Berichten vergleichen ließe, die von dem British Fire Prevention Committee unter der ausgezeichneten Leitung des Herrn Edwin O. Sachs und seiner Mitarbeiter herausgegeben werden.

Da nun jeder dieser Brandprobenberichte, welcher die Entwicklung der feuersicheren Bauweisen von Anbeginn bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt umfaßt, reich ist an Zeichnungen, Photographien und anderen Einzelheiten, so muß man sehr bedauern, daß diese Menge von wertvollen Informationen für die Allgemeinheit nicht zugänglich ist. Der Grund für dieses Versäumnis ist der Mangel jeglicher Organisation und damit auch das Fehlen eines Anspornes des zur Fortsetzung begonnenen Werkes. Die meisten dieser Proben sind entweder durch das New York Bureau of Buildings oder im Vereine mit ihm durchgeführt worden. Das Bureau erhält für diese Zwecke keine besonderen Kapitalien zugeeignet und es hat daher, sobald die Ergebnisse der Untersuchungen für den Bedarf des Bureaus entsprechend ausgewertet

Digitized by Google

sind, keine besondere Veranlassung, für eine weitere Bekanntmachung Sorge zu tragen. Die Berichte werden indes in Evidenz gehalten und stehen der allgemeinen Einsicht offen. Prof. Woolson begann mit der Veröffentlichung der Berichte über die an dieser Prüfungsstelle durchgeführten Untersuchungen, aber er fand nach wenigen Auflagen, daß das ihnen zugewendete Interesse nicht hinreichte, um die Arbeit und die damit verbundenen Kosten auch zu lohnen.

Fig. 1.

Versuchstation für Feuerproben der Columbia Universität.

Versuchshaus für Deckenkonstruktionen 5·5 m (18′) auf 6·81 m (22′).
Versuchshaus für Zwischenwände 3·05 m (10′) auf 4·58 m (15′).

Mit Ausnahme der von Prof. Woolson veröffentlichten Berichte und einiger anderer, die von technischen Journalen oder zu Reklamezwecken von Gesellschaften herausgegeben wurden, ist diese ganze Anhäufung von wertvollen Daten bloß in Handschrift vorhanden, in der sie ursprünglich vorgelegen haben. Die Veranlassung für den vorliegenden Bericht war die, einen Teil dieser vielen Versuchsergebnisse in gedrängtester Form festzulegen.

Digitized by Google

Die Versuchstation der Columbia Universität war ursprünglich nahe den Universitätsgebäuden gelegen und bestand aus zwei großen Versuchsräumen für Deckenkonstruktionen und einem dritten Versuchsraum für Zwischenwände. Es war aber dann später eine Ortsveränderung notwendig und die Versuchstation ist nunmehr in Greenpoint, einem Vorort von Brooklyn, gelegen und besteht aus zwei Gebäuden: das eine für Brandproben mit Decken

Fig. 2.

Versuchstation für Feuerproben der Columbia Universität.

Ein städtischer Feuerwehrmann bespritzt eine Decke nach der Feuerprobe.

und das andere für solche mit Zwischenwänden. Figur 1 gibt eine allgemeine Übersicht.

Die „Underwriters Laboratories" (Versuchstationen der Feuerversicherungsgesellschaften) in Chicago (siehe Figur 3, 4 und 5) waren im Jahre 1901 gegründet worden. Sie begannen in recht bescheidener Weise damit, Ausrüstungsgegenstände der Elektro-

Digitized by Google

technik zu normalisieren. Diese Laboratorien wurden dann im Laufe der Zeit sehr vergrößert und erlangten in der Folge eine große Bedeutung für die Überprüfung aller Arten von Feuerschutz-Apparaten, Feuerwehrausrüstungen und von Typen feuersicherer Konstruktionen. An letzteren kamen hauptsächlich Türen, Fensterladen, Drahtglas-Fenster und Dachdeck-Materialien zur Erprobung. In beschränkter Zahl sind dann auch noch Zwischenwand- und

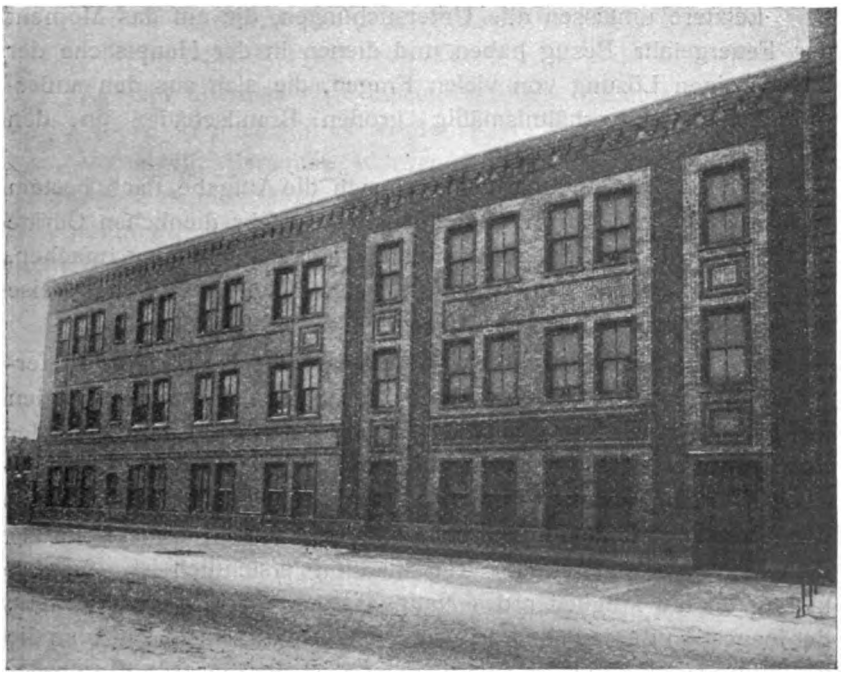


Fig. 3.

Versuchstation der Versicherungsanstalten. (Underwriters Laboratories.)
Deckenfläche 1858 m² (20.000 Quadratfuß). Kein brennbares Material in der Konstruktion oder im Ausbau verwendet.

Deckenkonstruktionen geprüft worden. Zur Zeit ist ein Arbeitsofen eigens zur Vornahme von Brandproben mit vollbelasteten Säulen aller Art fertiggestellt worden. Eine lange Reihe von Untersuchungen privater Natur wird da von den Laboratorien gemeinsam mit den New England Factory Mutual Insurance Companies vorgenommen werden, um die wirksamste Art des Feuerschutzes bei belasteten

Digitized by Google

Säulen zu ermitteln. Diese Untersuchung wird von großem Werte sein; von ihr ist zuverlässiger Aufschluß über diese ganz besonders wichtige Frage des Feuerschutzes zu erwarten.

Die „Underwriters" Versuchstationen sind zwar ins Handelsregister eingetragen, ihre Tätigkeit dient jedoch nicht dem Erwerbe. Den materiellen Rückhalt gibt ihnen hauptsächlich der National Board of Fire Underwriters, unter dessen oberster Leitung die Arbeiten der Laboratorien durchgeführt werden.

Letztere umfassen alle Untersuchungen, die auf das Moment der Feuergefahr Bezug haben und dienen in der Hauptsache der zuverlässigen Lösung von vielen Fragen, die sich aus den außerordentlichen, unverhältnismäßig großen Brandschäden in den Vereinigten Staaten ergeben.

Die Versuchstationen haben sonach die Aufgabe, nach bestem Ermessen die zur Verringerung der Feuergefahr dienlichen Geräte und Baukonstruktionen zu ermitteln, also ausfindig zu machen, womit Schadenfeuer am besten gelöscht, bzw. auf welche Weise am ehesten deren Ausbreitung verhindert werden könne.

Die vollständigen Probeprotokolle werden von den „Underwriters Laboratories" bloß im Manuskript herausgegeben. Sie werden in dieser Form den Mitgliedern des Vorstandes übermittelt, der dann über die von den Ingenieuren festgestellten Probeergebnisse Beratung pflegt. Gedruckte, schon für die Registrierung in der Weise zugerichtete Zettel, daß die bei der vorerwähnten Beratung dem Materiale zugewiesene Klassifikation ersichtlich ist, werden hierauf an die Mitglieder des National Board of Fire Underwriters, der Inspection Bureaus und der Municipal Departments d. i. also an die Funktionäre der Feuerversicherungsgesellschaften verteilt. Ein großer Teil der Versuchsergebnisse wird auch in der Form von Verzeichnissen über bewährte und zulässige Feuerschutzmittel gratis verteilt.

Die Laboratorien führen auch eine Etikettierung aller Fabriksartikel durch, die einer Brandprobe unterzogen wurden, wie beispielsweise elektrische Ausrüstungsgegenstände, Schläuche, Feuerlöschapparate, feuersichere Fenster, feuersichere Dächer und viele andere Artikel. Inspektoren sind über das ganze Land verteilt; sie führen eine strenge Überwachung und etikettieren alle Materialien, die den Vorschriften entsprechen.

Dieses Inspizierungssystem gibt dem Käufer die Sicherheit, daß die Waren von anerkannter Güte sind.

Digitized by Google

Der Arbeitsstab der Versuchsstationen zählt 54 Personen. In 34 verschiedenen Städten werden besondere Ämter unterhalten und jährlich werden an 20 Millionen Etikettierungen ausgegeben.

An folgenden feuersicheren Baukonstruktionen baumäßiger Abmessungen sind Brandproben vollständig abgeschlossen worden:

Deckenkonstruktion	6
Zwischenwände	13
Dachabdeckungen	54
Fensterrahmen aus Metall, Rolladen und Drahtglas	273
Verschiedene Typen von Türen	209

Es sind überdies viele tausend Proben mit einer Menge von kleineren Artikeln abgeführt worden.

Vereinzelte Versuche wurden in verschiedenen Städten der Vereinigten Staaten auch von anderer als der hier erwähnten Seite unternommen; doch sind die betreffenden authentischen Daten nicht erhältlich.

Ergebnisse der Brandproben mit Deckenkonstruktionen.

Die folgenden Tabellen enthalten die Aufzeichnungen aller Brandproben, die hierzulande mit Deckenkonstruktionen durchgeführt wurden und deren Daten wir uns haben verschaffen können. Einige wenige sind uns wohl entgangen, aber sie waren nicht von besonderer Wichtigkeit.

Hinsichtlich der Zusammenstellung des Materiales haben wir nach Möglichkeit den vorzüglichen Plan befolgt, nach welchem das British Fire Prevention Committee in seinem im Jahre 1911 herausgegebenen Rotbuche in Tabellenform die Ergebnisse aller von ihm mit gleichartigen Decken durchgeführten Brandversuche verzeichnet. Diese Art der Zusammenstellung ermöglichte uns auch leicht einen Vergleich unserer Daten mit jenen des British Committee, welche, soweit uns bekannt, neben unseren Zusammenstellungen die einzige veröffentlichte Sammlung dieser Art ist.

Brandproben sind, wie nahezu alle anderen Materialproben, ausgesprochen wissenschaftlicher Natur, und es ist daher notwendig, daß die Personen, welche die Versuchsergebnisse in einer klaren Weise auswerten sollen, auch einige Erfahrung und technische Übung besitzen. Die hier angefügten kurzen Tabellen lassen jeweils den springenden Punkt der Versuchsprobleme erkennen und jeder in vorgeschildertem Sinne erfahrene Techniker kann aus den hier

Digitized by Google

angeführten Ergebnissen seine eigenen Schlußfolgerungen leicht ableiten. Es gibt aber oftmals andere Begleitumstände, welche die Schlußfolgerungen wesentlich zu beeinflussen vermögen und in solchen Fällen ist es vorteilhaft, die ungekürzten Probeverzeichnisse zu studieren. Die Vorschriften für diese Proben waren praktisch genommen jene, welche nunmehr die Normen für den amerikani-

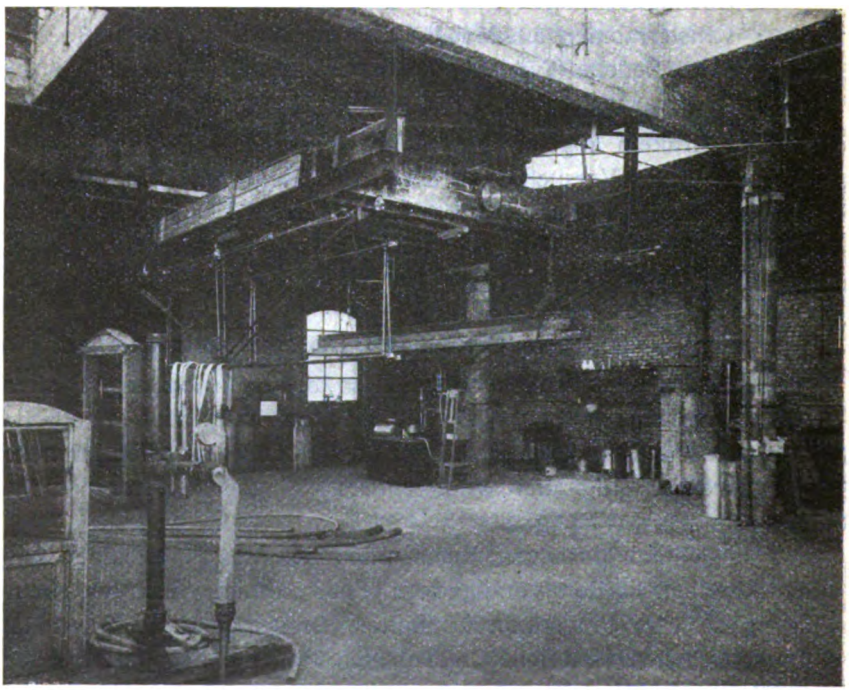


Fig. 4.

Blick in die Versuchstation. Zeigt den Prüfapparat für selbsttätige Besprengvorrichtungen und für Öle und Gase.

schen Materialprüfungsverband darstellen und sie beruhten auf den bei den früheren Proben erhaltenen Ergebnissen. Als Brennmaterial kam Holz zur Verwendung aus zweierlei Gründen: 1. weil es bei der ungewissen Lage der Versuchsobjekte für diesen Zweck viel rascher zugerichtet werden kann und 2. weil man sich dachte, daß es viel strenger die bei einem wirklichen Schadenfeuer vorhandenen Bedingungen wiedergäbe, nachdem die Verbrennungsgase

Digitized by Google

dieselben sind und auch jeder Teil des Versuchsraumes bei der Anwendung von Holz als Brennmaterial infolge der großen Massen glimmender Asche äußerst starker, strahlender Hitze ausgesetzt ist. Die Versuchsdauer betrug gewöhnlich vier Stunden. Das Löschwasser wurde immer von Feuerwehrleuten der Stadt mit den üblichen Apparaten auf das brennende Objekt gebracht (siehe Figur 2); der Durchmesser der Düse betrug $1^1/_8$ Zoll (28·6 mm); der Druck daselbst 60 Pfund (27 kg); die Spritzweite 10—20 Fuß (3—6 m).

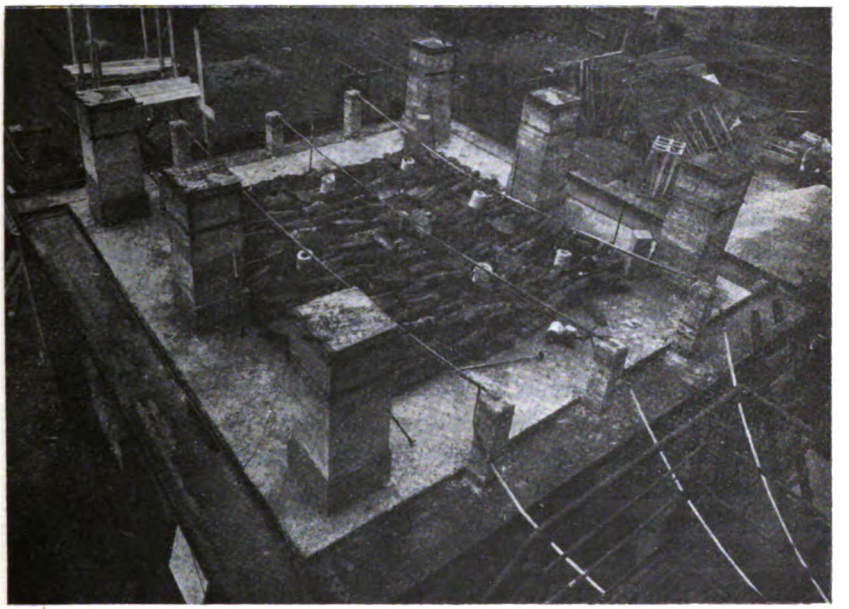


Fig. 5.
Decke zur Feuerprobe bereit in der Versuchstation der Feuerversicherung. (Underwriters Laboratory.)

Als Nutzlast waren während des Versuches 150 Pfund pro Quadratfuß (732 kg/m²) angewendet. Nach dem Versuche wurde das Objekt mit 600 Pfund pro Quadratfuß (2930 kg/m²) belastet. Man muß zugestehen, daß diese Versuchsbedingungen sehr strenge waren.

Über die Verläßlichkeit einiger dieser New Yorker Proben sind nachteilige Berichte veröffentlicht worden. Es wurde behauptet, daß verwerfliche Einflüsse bei den Versuchsergebnissen zur Geltung gekommen wären. Wir möchten dies gerne richtigstellen. Obgleich

Digitized by Google

die Proben während der Amtsdauer mehrerer Inspektoren des Bauamtes durchgeführt worden sind, deren Geschäftsführung in einigen Fällen sehr getadelt wurde, sind wir doch überzeugt, daß eine Verdächtigung der Versuche ganz ungerechtfertigt ist. Die Autoren dieses Berichtes stehen zu den meisten dieser Proben persönlich in enger Beziehung, und sie glauben, daß die Versuche ehrlich durchgeführt wurden und die Ergebnisse zuverlässig sind.

Das British Fire Prevention Committee hat die feuersicheren Konstruktionen nach drei Hauptgruppen unterteilt: „Vollkommene Feuersicherheit", „Teilweise Feuersicherheit", und „Zeitweilige Feuersicherheit". Die Versuchsergebnisse werden entsprechend den Vorschriften verzeichnet, die für diese Klasse aufgestellt sind.

Diese Frage der Einreihung wurde in Amerika vielfach erörtert. Bei allem Vorteil, den eine wie vor angegebene Klassifikation bietet, ist sie doch auch nicht völlig befriedigend. Bis heute besteht noch kein allgemein gültiges Übereinkommen hierüber, folglich sind alle Proben auf erstklassige beschränkt gewesen, was das British Committee als „Vollkommen feuersicher" bezeichnen würde. Die hier angeführten Brandproben mit Deckenkonstruktionen gehören zu dieser Klasse. Die Bezeichnung „Approved" („Bestätigt") bezieht sich auf die vom Bureau of Building durchgeführte Prüfung.

Das British Fire Prevention Committee arbeitet darauf hin, daß der Ausdruck „feuersicher" nicht mehr angewendet werde. Man ist zu der Erkenntnis gekommen, daß dieses Wort eine Art Fehlbezeichnung darstellt, da es einen übermäßigen Grad von Widerstandsfähigkeit in sich faßt, der nur selten, wenn überhaupt vorhanden ist. Dieses Wort hat sich indes in der Fachwelt schon so eingebürgert, daß es unmöglich erscheint, es auszumerzen.

Mehrmals finden sich in den beigegebenen Tabellen zwei und mehr Rubriken mit Versuchen von Deckenkonstruktionen, die gleichzeitig und im selben Versuchsraum durchgeführt wurden. Solche Versuche werden als ein einziger Versuch geführt, während das Verzeichnis 82 unterschiedliche und voneinander getrennte Versuche angeführt enthält.

Digitized by Google

XXVII2

BRANDPROBEN MIT DECKEN.

DIESE VERSUCHE WURDEN SÄMTLICH UNTER AUFSICHT DES

BUREAU OF BUILDINGS N. Y. C.

GEMÄSS DESSEN VORSCHRIFTEN AUSGEFÜHRT, SOWEIT KEINE ANDEREN VERMERKE GEMACHT SIND.

Die nachstehenden Bedingungen waren bei allen Versuchen die gleichen, soweit in der Spalte „Bemerkungen" nichts anderes vermerkt ist.

a) Last während des Brandversuches: 730 kg/m^2;
b) Dauer des Ablöschens: 10 Minuten;
c) Wasserdruck: 4·2 kg/cm^2;
d) Größe des Mundstückes: 2·85 cm;
e) Endlast: 2920 kg/m^2;
f) Zulässige Beanspruchung: 730 kg/m^2;
g) Freie Länge der Deckenbalken: 4·25 m.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

23. April 1897	Schlackenbeton	Expanded Engineer	eton 1 : 1 : 8. ntmörtel.	102 m
16 20. Mai 1897	Spezial-feuersichere Mischung mit Hängedrähten	Metro Firepro	in Abständen kontinuierliche ähten Nr. 12. ach Gewicht: el, $2^1/_2$ v. H. ngende Decke 1·8 cm dickem	102 m
17 20. Mai 1897	Terrakotta-Hohlstein	Metro Firepro	pannweite aus e parallel zu der Mischung 1·8 cm dickem	255 m
18 4. Febr. 1902	Schlackenbeton	W. N. Wi	er Bewehrung nd 10×15 cm . 7·5 cm hohe 2 cm stark.	127 m
19 2. Mai 1902	Schlackenbeton	American Construc	pannweite mit Flanschen der Abmessungen 1 : 6 und 15 cm 15 Schlacke.	127

dere Wirkungen Feuers und Lösch-wassers	Durchbiegung in der Mitte des Deckenfeldes		Bemerkungen	Entscheidung der Baubehörde
	unter der Höchstlast	bleibende		
d Wasser rissen den Beton ewölbemitte 5 cm tief bis erkante der Zugstangen Der ganze Verputz fiel ab g lose. Auch die Träger stellenweise freigelegt.			Das Gewölbe wurde ohne vorherige Ausbesserung einer zweiten Probe unterworfen.	Zugelassen
eren Teil des Gewölbes r Wasserstrahl eine große aus, wobei Unterzüge und ngen freigelegt wurden.	87 mm. Balken	19 mm. Balken	Dasselbe Gewölbe wurde am 29. Jänner 1897 geprüft.	Zugelassen
ser spülte den Deckenputz verschiedenen Stellen der nnte die Eiseneinlage durch.	29 mm.		Die Decke blieb fast vollständig wasserdicht.	Zugelassen
stündiger Feuereinwirkung Bspuren wahrnehmbar. Der utz fiel ab. Unter der Ein- des Wassers bröckelte die ewölbeschichte in Stücke. zweiten Versuch fielen die im ersten Versuch ein- Ersatzziegel wieder heraus.	9·9 mm. 12·7 mm.		Höchstlast beim ersten Versuch 2920 kg/qm. Durch Einsatz der ausgefallenen Ziegel Ausbesserung des Gewölbes nach dem ersten Versuch. Dauer des Ablöschens 15 Minuten. Höchstlast beim zweiten Versuch 2180 kg/qm.	Zugelassen
er Einwirkung des Feuers m Ablöschen platzte der utz ab. Der Beton wurde 2·5 cm tief über die Be- ausgespült. Die Flantschen er Träger lagen frei.			Dauer des Ablöschens 15 Minuten.	Zugelassen
lung des Feuers und wurden Putz und				

Digitized by Google

17. Nov. 1903	Stein-Eisendecke	Reinf Cons	hmesser und 6 mm Rundeisen von 8 mm ländern von 15 cm. : 3 : 5.	12
31 23. Nov. 1903	Hohlsteindecke mit Eiseneinlagen *)	Fire	ohen Terrakotta-Hohlbeln, die aus je zwei hen und durch Draht nd. Decke mit Akmeen.	15
32 und 32a 21. Dez. 1903	Steinbeton *)	Wi	hrung aus 5×20 cm hten Nr. 3 und Nr. 10. ng aus Schlackenbeton pannweite 4·5 m.	15
33 21. Dez. 1903	Schlackenbeton *)	Wi	ng aus Drähten Nr. 3 3×20 cm. Schlacken- : 5.	10
34 29. Dez. 1903	Schlackenbeton	Nat	ht durchgehender Bevanzförmig geripptem . Decke mit Adamant erputzt.	1

*) Versuche durchge

ndere Wirkungen Feuers und Lösch-wassers	Durchbiegung in der Mitte des Deckenfeldes		Bemerkungen	Ent-scheidung der Bau-behörde
	unter der Höchstlast	bleibende		
er Einwirkung des Feuers Löschwassers fiel der ganze utz ab; der Beton wurde ilt und narbig. Die durch ten geschützte Träger-wurde vollständig freigelegt.			Wasserdruck 3·85 kg/qm. Mundstückdurchmesser 32 mm.	Zugelassen.
$^1/_2$stündiger Einwirkung des senkte sich die 10 cm dicke m 6·5 cm, worauf die Be-um 750 kg/qm ermäßigt 5 cm starke Platte wurde löschen löchrig, Eiseneinlage doch nicht freigelegt.	24 mm.		10 cm dicke Platte Fehl-probe.	13 cm hohe Platte zu-gelassen.
lauf von 50 Minuten Eisen-lage durch das Feuer teil-eigelegt Aus dem Blech ent-ampf. Zusammenbruch der nach $2^1/_2$stündiger Feuer-einwirkung.			Mangelhafter Schutz der Träger. Vor dem Zusam-menbruch senkte sich die Decke um 42 cm.	Nicht zugelassen.
rkung des Feuers feine enoberfläche. Beim			Mittlere Senkung des weit-gespannten Balkens unter	

Digitized by Google

1905	Schlackenbeton *)	Men	mm mm
49 8. Mai 1905	Schlackenbeton *)	Ce Firepro	) mm mm
50 16. Juni 1905	Eisenbeton mit Steinschlag *)	Unit Steel F	mm latte
51 13. Juli 1905	Eisenbeton mit Steinschlag *)	St. Expande	2 mm
52 19. Sept. 1905	Schlackenbeton	Adin G.	2 mm

*) Versuche durchgeführt

...e Wirkungen ...es Feuers ...Löschwassers	Durchbiegung in der Mitte des Deckenfeldes		Bemerkungen	Entscheidung der Baubehörde
	unter der Höchstlast	bleibende		
...uten Feuereinwirkung ...Zementputz der Decke ...n. Beim Ablöschen fiel ...z ab. Ziegel verblieben ...tadellosem Zustande.	38 mm		Versuch für die Stadtverwaltung von Pittsburg und Feuerversicherungsgesellschaften ausgeführt. Belastung 1121 kg/qm.	In New York keine Entscheidung. In Pittsburg zugelassen.
...ich nach $3^1/_2$stündiger ...reinwirkung.			Mißerfolg zurückzuführen auf: 1. Frosteinwirkung; 2. Unzweckmäßige Bauart bezüglich der Einzelheiten.	Nicht zugelassen.
...Deckenputz ...erschwunden. Untere ...ine stellenweise abge- ...en Stellen kleinere Risse.	99 mm			Zugelassen.
...linde Feuereinwirkung ...ist vollständig ab. Beim ...ewehrungseisen eines ...legt. Deckenplatte wies ...mm tiefe Eindrücke auf, ...nst in gutem Zustande.	3 mm		Mittlere Durchbiegung des Balkens: Während des Feuers 11 mm. — Nach dem Ablöschen 3 mm. Unter der Höchstlast 12 mm.	Zugelassen.
...tem Zu-	8 mm (1·22 m Spannweite)		Alle Platten in vorzüg-	Zugelassen.

Digitized by Google

Digitized by Google

65 12. Dez. 1907	Hohle Balken aus Eisenbeton mit Steinschlag	Ben	hrung aus verzinktem schen **T**-Eisen der Ab- n der Mischung 1 Zement Schotterbeton, Mischung dick verputzt.	20
66 4. März 1908	Schlackenbeton *)	Stee	1·5 und 2·45 m Spann- tgeflechteinlagen aus in gelegten Rundeisen von reisen Nr. $12^1/_2$ für den i Längseisen Nr. 4 in Quereisen Nr. $12^1/_2$ für nbeton, Mischung 1:2:5.	1((1: (
67 13. Mai 1908	Schlackenbeton *)	Tu (U	wehrung aus Unit-Draht- pannweite, Drahteinlage 11 von 10 × 30 cm 5 m Spannweite: Einlage schenweite (10 × 30 cm). schung 1 : 2 : 5.	1((1: (
68 11. u. 12. August 1908	Schlackenbeton	Expa Corr	ehrung aus in Abständen ndeisen von 8 × 8 mm on, Mischung 1 : 2 : 5.	1(
69 8. Okt. 1908	Schlackenbeton *)	Stee	urchgehender Bewehrung nweite Längseisen Nr. 7 eisen Nr. $12^1/_2$, bei Platte bständen von 10 cm ver- nd Quereisen Nr. $12^1/_2$. ng 1 Zement, 2 Sand und acke.	1((1 (
70 14. Jänner 1909	Schlackenbeton *)	Tru	nnweite mit Bewehrung ial Nr. 8, 11 cm hohe : 1 : 6 im Scheitel. Ebene annweite mit kontinuier- eneisen Nr. 8. Schlacken- : 6. Decke verputzt.	1 G 1

*) Versuche durchge

ndere Wirkungen des Feuers nd Löschwassers	Durchbiegung in der Mitte des Deckenfeldes		Bemerkungen	Entscheidung der Baubehörde
	unter der Höchstlast	bleibende		
e ganze Decke verteilte Risse. Beton in gutem Zustande.	17 mm	13 mm		Zugelassen
endigung der Feuerung war utz zu etwa $^3/_4$ abgefallen. blöschen wurde der ver- e Teil abgespült und die tellenweise bis zu 2·5 cm gekerbt. Winkeleiseneinlage 0·9 m Länge freigelegt.	31 mm	22 mm		Zugelassen
stündiger Feuerung fiel der utz stellenweise ab. Nach ng der Feuerung lagen die infolge der Ausdehnung der donsäulen 5 cm höher als such auf den Mauern. Un- ige, etwa 3 mm breite Risse sich in der Decke, ohne in- eren Standfähigkeit zu ge- n. Das Wasser legte die lagen in den Trägern frei.	19 mm	1·6 mm	Deckenplatten in gutem Zustande: Mittlere Senkung während des Feuers: 22 mm Mittelbalken nach dem Ablöschen: 9 mm Unter Höchstlast: 12 mm Bleibende Senkung: 8 mm Endträger 23 mm 3 mm 1·6 mm 0 mm	Zugelassen
stündiger Feuerung Putz verschwunden. Das Wasser en Beton stellenweise bis n Tiefe aus und legte dabei enstange auf etwa 10 cm Länge frei.	32 mm	19 mm		Zugelassen
gutem Zu-	Spann- weite)		Alle Platten in vorzüg-	Zugelassen.

Digitized by Google

Digitized by Google

THE
JOHN CRERAR
LIBRARY

...utem Zu-	Spann-weite)		Alle Platten in vorzüg-	Zugelassen.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXVII 3

DIE NOTWENDIGKEIT DER BENUTZUNG GLEICHFÖRMIGER VERFAHREN BEI DER PRÜFUNG VON SPRENGSTOFFEN.

Von **Clarence Hall**, Expert in Charge, Explosives Section, U. S. Bureau of Mines, Pittsburg, Pa.

(Übersetzt von F. W. und A. Hinrichsen.)

Zweck der vorliegenden Abhandlung ist, die Aufmerksamkeit auf die Notwendigkeit allgemein gültiger Verfahren zur Bestimmung des Sicherheitsgrades von Sprengstoffen für Kohlenminen zu lenken, einige Anregungen zu geben, durch welche die Prüfungsbedingungen der verschiedenen staatlichen Prüfstellen sich vereinheitlichen lassen, und endlich für die genaue Bewertung der handelsüblichen Sprengstoffe in den Vereinigten Staaten einzutreten und Vorschläge zum Zwecke der Entzündung oder Detonation von Sprengstoffladungen zu machen.

Sprengstoffe für Kohlenminen.

Die in fremden Prüfstellen für die Untersuchung von Sprengstoffen angewandten Methoden wurden zum Zwecke der Klassifizierung von Sprengstoffen mit Rücksicht auf ihre Verwendbarkeit in Kohlenminen vorgeschlagen. Die Versuchsstrecken unterscheiden sich in der Größe, der Form und dem Material, der Querschnitt mancher Strecken ist elliptisch, anderer wieder kreisförmig. An allen Stellen außer in Österreich werden in den Strecken zum Abfeuern von Sprengstoffladungen Stahlkanonen benutzt. Die Bohrung der Kanonen schwankt von 40 bis 55 mm.

An einigen Prüfstellen benutzt man Naturgas, an anderen wieder künstliche Ersatzstoffe wie Leuchtgas, Benzin und Azetylen.

Digitized by Google

Die meisten kontinentalen Stellen benutzen Kohlenstaub. Infolge von Unterschieden in der Verzögerung der Entflammung von Gasgemischen oder infolge anderer Bedingungen in verschiedenen Prüfstrecken sind die Grenzwerte für die zur Hervorbringung einer bestimmten Explosionswirkung erforderlichen Ladungsmengen an verschiedenen Anstalten keineswegs die gleichen. Im Falle gewisser Sprengstoffe ist der Unterschied auffällig. Andererseits sollen die Ergebnisse, die in der gleichen Anstalt erzielt werden, untereinander gut übereinstimmen.

Die Benutzung von Pressen in fremden Anstalten und auch in der Prüfungsstation zu Pittsburg hat eine beträchtliche Erhöhung des Grenzwertes für die Ladung, besonders in der Klasse der Ammoniumnitrat-Sprengstoffe bewirkt.

Lufträume innerhalb der Bohrung der Kanone, wie sie in den meisten kontinentalen Prüfstellen benutzt werden, sollen die scheinbare Grenzlinie der Sicherheit so sehr ausdehnen, daß diejenigen, die sich mit den Prüfungen beschäftigen, bereits die Frage zu erörtern beginnen, ob es zweckmäßig sei, dieses Verfahren fortzuführen. Da der Explosionsgrad direkt proportional der Ladungsdichte sein dürfte, so würde der Grundsatz, hohe Ladungsdichten zu erzielen, für alle Methoden wesentlich sein, die nach beweiskräftigen Ergebnissen streben. Immerhin mag erwähnt werden, daß die Resultate die an der Pittsburger Prüfstelle mit verschiedenen Ladungsdichten erhalten wurden, nicht darauf hindeuten, daß die Grenzlinie der Sicherheit mit niedrigen Ladungsdichten notwendigerweise ausgedehnt wird. Andererseits haben einige Sprengstoffe eine Grenzladung von 680 g überschritten, wenn sie mit der Ladungsdichte 1 geladen wurde, die bei der gleichen Menge den Versuch nicht bestehen würde, wenn die Ladung mit Lassung eines Luftraumes vorgenommen wäre.

Viele Ammoniumnitrat-Sprengstoffe geben, wie man gefunden hat, niedrige Grenzladungen, wenn sie nach der in Österreich üblichen Aufhängeprobe geprüft wurden. Der Grund hierfür liegt wahrscheinlich darin, daß die Entflammungstemperaturen mehr erhöht wurden, da die Sprengstoffe nicht gepackt sind.

Die meisten kontinentalen Prüfstellen benutzen Kohlenstaub, der bis zum letzten Jahre nur als Zusatz verwendet wurde, der offensichtlich Gasmischungen mit niedrigem Gasgehalt empfindlicher zu machen strebte. Als Maßstab für die Prüfung von Sprengstoffen

Digitized by Google

erregte er jedoch nur geringe Aufmerksamkeit, wenn auch bekannt war, daß manche Staubsorten sehr niedrige Entflammungstemperaturen besitzen. Im letzten Jahre wiesen einige deutsche Anstalten nach, daß viele zugelassene Sprengstoffe geringere Sicherheit ergaben, wenn die Prüfung mit Kohlenstaub allein vorgenommen wurde. Die seit vielen Jahren in deutschen Versuchsstrecken benutzten Prüfungsverfahren enthalten jetzt auch die Kohlenstaubprobe ohne Gas. Es mag erwähnt werden, daß in der Folgezeit Kohlenstaubproben auch an anderen kontinentalen Prüfstellen wiederholt vorgenommen wurden, daß aber die erhaltenen Resultate nicht immer mit denen der deutschen Anstalten übereinstimmten. Dies gilt besonders für diejenigen Prüfstellen, die reines Kunstgas benutzen. Der Unterschied findet vielleicht in dem Umstande seine Erklärung, daß das Naturgas oder die Grubengase, die an vielen Prüfstellen benutzt wurden, nicht gleichmäßig zusammengesetzt sind und größere oder geringere Beträge von indifferenten Gasen enthalten; weiter können noch zur Erklärung die nur mangelhaft ausgeübte Kontrolle und die bei diesen Prüfstellen angewandten Verfahren zur Bestimmung des Prozentgehaltes an Gas bei Ausführung der Versuche herangezogen werden.

Grubengase enthalten stets eine geringe Menge von Kohlendioxyd und anderen indifferenten Gasen, wenn sie draußen benutzt werden, wobei der Prozentgehalt von der Wirksamkeit und dem Zustande der Pumpen zur Zeit der Entnahme der Gase abhängt. Nimmt man an, daß der Gehalt an diesen indifferenten Gasen in niedrigen Grenzen liegt, so können doch zuzeiten genügend indifferente Gase vorhanden sein, um auf die Entflammung verzögernd zu wirken. Neuere in der Pittsburger Prüfungsanstalt des Bureau of Mines angestellte Versuche haben ergeben, daß eine Gasluftmischung mit 8·1% Methan und Aethan, 14·2% Kohlendioxyd und 77·7% Luft praktisch nicht explosiv ist, wenn man die Entflammung mittels eines elektrischen Zünders mit 5 g Schwarzpulver versucht. Ebenso zeigte sich, daß die Entflammung von Gasgemischen mit nur 11·7% Kohlendioxyd wesentlich verzögert wurde und selbst wenn Entflammung eintrat, die Mischungen nur in geringem Maße brannten, wobei, wenn überhaupt, nur geringe Explosionen eintraten. Folgerichtig muß man annehmen, daß jede Gasmischung, die einen geringen Gehalt an Kohlendioxyd oder anderen indifferenten Gasen aufweist, entsprechend weniger empfindlich sein wird als ein reines Gasgemisch.

Digitized by Google

Die Prüfstelle des Bureau of Mines in Pittsburg.

Vor Errichtung der Prüfstelle in den Vereinigten Staaten wurden die in den europäischen Prüfungsanstalten für Sprengstoffe benutzten Apparate und Methoden sorgfältig studiert. Auf Grund ihrer Erfahrungen mußte als wichtigstes Erfordernis die Wahl einer geeigneten Lage der Prüfungsstation angesehen werden, einer Lage, welche gleichmäßige und konstante Versorgung mit Naturgas gewährleistete. Schließlich entschied man sich für Pittsburg, Pa., als zweckmäßige Stelle, und man entschloß sich dort, eine große Versuchsstrecke einzurichten und eine Kanone von praktisch der gleichen Größe wie an den kontinentalen Prüfungsanstalten aufzustellen. Ferner wurde noch ein ballistisches, Pendel ähnlich wie an der englischen Prüfstelle, und die deutschen Typen von Apparaten zur Prüfung der physikalischen und chemischen Eigenschaften von Sprengstoffen beschafft. Man beschloß, daß alle Sprengstoffe gestampft in leicht entflammbaren Gasgemischen, wie in England üblich, untersucht werden sollten und daß außerdem Prüfungen mit Kohlenstaub allein vorzunehmen wären, ferner daß alle Sprengstoffe ohne Stampfung geprüft werden sollten, wie es allgemein von den kontinentalen staatlichen Prüfungsanstalten geschieht.

Ausgeführte Versuche.

Nachdem die Versuchsstrecke und andere Apparate kalibriert waren, wurden verschiedene Typen von sogenannten Sicherheitspulvern, die in den Vereinigten Staaten hergestellt waren, in der Versuchsstrecke untersucht. Viele von ihnen bestanden die Proben gemäß den englischen Bedingungen, aber kein einziges Pulver bestand die Probe ohne Stampfung in Gegenwart von 8%igem Gasgemisch. Weitere Versuche wurden mit drei Sprengstoffen, nämlich mit schwarzem Sprengpulver, einem sogenannten Sicherheitspulver aus der Klasse der Nitroglyzerin- und einem aus der Klasse der Ammoniumnitratsprengstoffe gesondert ausgeführt, indem ungepackte Schüsse abgefeuert wurden. Die Schüsse wurden in Gegenwart von Gasluftmischungen verschiedenen Prozentgehaltes abgegeben [1])

[1]) Betr. Beschreibung der Versuchsstrecke usw. und der vorher beschriebenen Methode zur Prüfung von Sprengstoffen s. Bulletin 15, Bureau of Mines, 1911, 197 pp., 7 pls.

Digitized by Google

Die Ergebnisse der Versuche, die in der umstehenden Tabelle zusammengestellt sind, wie auch anderer Versuche, welche später mit verschiedenen Sprengstoffen vorgenommen wurden, boten den Ingenieuren des Bureau of Mines zur Zeit ihrer Einführung ein Problem dar, dessen Natur weiter unten erörtert wird. Während des Besuches der fremden Prüfstellen war der Verfasser Zeuge eines Versuches mit einem Sprengstoff in Gegenwart einer 8%igen Mischung von Methan und Luft. Der Sprengstoff gehörte einem zugelassenen Typus an, seine Zusammensetzung war ähnlich wie die des vorher erwähnten Vertreters der Nitroglyzerinklasse. Es trat keine Entzündung ein, wenn 880 g des Sprengstoffes ohne Pressung abgefeuert wurden. Dagegen trat unter den Versuchsbedingungen der Pittsburger Anstalt Entzündung bereits bei Verwendung von 150 g ein.

Von einer der ausländischen Prüfstellen wurden vier verschiedene Proben, von denen jede einer anderen Klasse von Sprengstoffen angehörte, zu Vergleichsproben zur Verfügung gestellt. Wie mitgeteilt wurde, sollten die Sprengstoffe die besten Typen darstellen, die im Auslande in Kohlenminen Verwendung fänden. Einer von ihnen hatte die gleiche Zusammensetzung wie der Sprengstoff, welcher die kontinentalen Prüfungen mit einer Grenzladung von 880 g bestanden hatte. Wie die früher hier geprüften Sprengstoffe bestanden sie die Prüfungen mit Pressung. Dagegen wurde die höchste Grenzladung mit ungepackten Schüssen bei Gegenwart von Gasgemischen von 8% Methan und Aethan zu nur 50 g festgestellt. Bei Wiederholung der Versuche zeigte sich, daß diese Grenzladung nicht erhöht werden konnte, selbst wenn die Ladung unter besonderen Ladungsdichten erfolgte.[1])

Aus dem Ergebnis der oben angeführten Versuche mußte der Schluß gezogen werden, daß das in der Prüfstelle zu Pittsburg verwendete natürliche Gas empfindlicher als das im Auslande benutzte Grubengas war und daß der Prozentgehalt der Mischung an Gas verringert werden mußte, um mit den in Europa erhaltenen Ergebnissen vergleichbare Werte zu gewinnen. Augenscheinlich waren die Luftgasmischungen mit etwa 6% Methan und Aethan den auswärts gebrauchten Mischungen mit 8% gleichwertig, ferner würden alle Sprengmittel ausgeschlossen sein, wenn ungepackte

[1]) Betreffend Einzelheiten der Versuche mit fremden Sprengstoffen s. Bull. 15, U. S. Bureau of Mines, 1911, 197 pp., 7 pls.

Digitized by Google

Die folgende Tabelle gibt die Prüfungsergebnisse wieder:

Ergebnisse von Sprengstoffprüfungen ohne Packung in der Versuchsstrecke.

Art des Sprengstoffes	Lade-gewicht g	Methan oder Aethan %	Detonator oder elektrischer Zünder	Ergebnis
Schwarzes Sprengpulver .	50	10·4	Elektrischer Zünder	Zündung
„ „ .	12½	9·0	„ „	„
„ „ .	25	6·5	„ „	„
„ „ .	12½	7·9	„ „	„
„ „ .	12½	5·2	„ „	Keine Zündung
„ „ .	25	5·0	„ „	Zündung
Nitroglyzerin-Klasse . . .	250	11·5	Detonator Nr. 7	Keine Zündung
„ „ . . .	750	10·7	„	„ „
„ „ . . .	1000	10·3	„	„ „
„ „ . . .	50	7·2	„	„ „
„ „ . . .	100	7·7	„	„ „
„ „ . . .	150	7·6	„	Zündung
„ „ . . .	25	6·4	„	Keine Zündung
„ „ . . .	50	6·5	„	„ „
„ „ . . .	75	6·5	„	„ „
„ „ . . .	150	6·9	„	„ „
„ „ . . .	200	6·6	„	„ „
„ „ . . .	250	6·5	„	Zündung
„ „ . . .	225	6·3	„	Keine Zündung
„ „ . . .	225	6·3	„	„ „
Ammonnitrat-Klasse . . .	250	9·1	„	„ „
„ „ . . .	450	14·1	„	„ „
„ „ . . .	50	8·8	„	Zündung
„ „ . . .	50	8·2	„	Keine Zündung
„ „ . . .	50	9·0	„	Zündung
„ „ . . .	25	9·0	„	„
„ „ . . .	12½	8·5	„	„
„ „ . . .	25	6·0	„	Keine Zündung
„ „ . . .	200	7·3	„	„ „
„ „ . . .	500	5·1	„	„ „
„ „ . . .	1000	5·9	„	Zündung
„ „ . . .	750	5·0	„	„
„ „ . . .	50	4·4	„	Keine Zündung
„ „ . . .	150	3·2	„	„ „
„ „ . . .	350	4·2	„	„ „
„ „ . . .	450	3·8	„	„ „

Digitized by Google

Schüsse in Gegenwart von Luftgemischen mit 8% Methan und Aethan abgegeben würden. Es wurde eine Besprechung mit mehreren der leitenden Kohlenerzeuger in der Prüfungsanstalt zu Pittsburg abgehalten Hierbei wurde Übereinstimmung darüber erzielt, daß eine niedrigprozentige Gasmischung mit in der Luft suspendiertem Kohlenstaub den in einer Kohlenmine vorkommenden gefährlichen Bedingungen am nächsten käme und daß wenigstens einer der Versuche unter diesen Bedingungen mit ungepackten Schüssen bei einer Ladung von nicht weniger als 640 g ($1^1/_2$ Pfund) angestellt werden müßte.

Die bedeutenderen fremden Prüfstellen werden zurzeit bereits umgebaut, wobei seitliche Versuchsstrecken und größere Länge die Hauptkennzeichen der Abänderung bilden. Wenn auch diese Ausdehnungen in dem enormen Maßstabe vorgenommen werden, wie sie zu Liévin, zu Altofts oder in der Versuchskohlenmine des Bureau of Mines der Vereinigten Staaten gewählt wurden, so ist es doch fraglich, ob mehr getan werden kann, als die Wirkung bestimmter Typen von Staub und die Explosionsdrucke zu studieren, wie sie an dem feuernden Ende der Versuchsstrecke auftreten. Es ist weiter zweifelhaft, ob der praktische Wert der Ergebnisse von Kohlenstaubproben in einem verhältnismäßig so kleinen Maßstabe in letzter Linie sich als so groß erweisen wird, daß die zu ihrer Erzielung aufgewandten Anstrengungen gerechtfertigt erscheinen. Die Kohlenstaubuntersuchungen zu Altofts und zu Liévin haben die Bedingungen kennen gelehrt, die nicht nur zur Einleitung, sondern auch zur Fortpflanzung einer Kohlenstaubexplosion über beträchtliche Räume erforderlich sind.

Vereinheitlichung der Apparate und Methoden.

Die Frage der Vereinheitlichung allgemeiner Methoden und Apparate zur Prüfung von Sprengstoffen für Kohlenminen ist noch offen. Es liegt auf der Hand, daß eine Verständigung über die Arbeiten aller Prüfstellen, die nach Vereinheitlichung oder Festlegung ihrer Apparate und Methoden zur Sprengstoffprüfung streben, allen Beteiligten zum Nutzen gereichen würden. Es ist zu hoffen, daß dies gegebenenfalls der Ausgang sein wird.

Es scheint, daß eine einheitliche Form für den Bau aller Prüfungsapparate gewonnen werden kann. In der Tat geht das augenblickliche Streben dahin, den zylindrischen Typus einer Ver-

Digitized by Google

suchsstrecke aus Stahl und Stahlkanonen mit einer Bohrung von 55 mm Durchmesser anzunehmen. Die Vereinheitlichung von Prüfungsverfahren und Prüfbedingungen bietet dagegen noch keine fertige Lösung der Frage. In Belgien z. B. sind die Minen ungewöhnlich feuergefährlich, infolgedessen müssen alle Sprengstoffe eine sehr schwere Gasprobe bestehen. In früheren Jahren sind Sprengstoffe in Belgien mittels Kohlenstaubes geprüft worden, aber der angewandte Staub wies nur einen verhältnismäßig geringen Betrag an flüchtigen Bestandteilen im Vergleich zu dem in den Vereinigten Staaten verwendeten Kohlenstaub auf. Man kann behaupten, da alle belgischen Kohlen mit hohem Gehalte an flüchtigen Stoffen praktisch erschöpft sind, daß Kohlenstaub in der Versuchsstrecke benutzt werden sollte, der den tatsächlich in den belgischen Minen zurzeit herrschenden Bedingungen entspricht.

In Frankreich hat man großen Eifer auf die Erforschung der gasförmigen Produkte der Verbrennung oder Explosion von Sprengstoffen verwendet. Die Nitroglyzerinklasse von Sprengstoffen ist vom Gebrauch in französischen Kohlenminen aus dem Grunde praktisch ausgeschlossen, weil derartige Sprengstoffe bei der Explosion Kohlenoxyd erzeugen. Nach der Erfahrung des Verfassers mit Sprengstoffen dieser Art werden bei sachgemäßem Gebrauche in Kohlenminen der Vereinigten Staaten in Mengen von weniger als $1^1/_2$ Pfund pro Schuß nur so geringe Mengen giftiger Gase erzeugt, daß sie, wenn überhaupt, nur eine geringe Rolle spielen können. Das gilt besonders für den Fall, daß der Ventilationsstrom direkt zu dem Gesicht des Arbeiters geleitet wird.

In England werden nur gestampfte Ladungen benutzt, um die Zulässigkeit eines Sprengstoffes zum Gebrauch in Kohlenminen festzustellen. Diese Forderung würde nicht immer den Verhältnissen in den Kohlenminen der Vereinigten Staaten entsprechen. Obschon es ein tadelnswertes Vorgehen ist, weiß man, daß Grubenarbeiter zugelassene Sprengstoffe in einem Bohrloch abgefeuert haben mit wenig oder gar keiner Stampfung. Deswegen sind Prüfungen mit ungestampften Schüssen eine der Forderungen des Bureau of Mines der Vereinigten Staaten, um die Zulässigkeit eines Sprengstoffes festzustellen.

Das Verfahren, das vom Bureau of Mines der Vereinigten Staaten angewendet wird, sieht vor, daß alle Sprengstoffe allen europäischen Anforderungen praktisch entsprechen müssen, um

Digitized by Google

auf die Liste der zugelassenen Materialien gesetzt zu werden, d. h. Schüsse in Gegenwart von Gas allein und ungestampfte Schüsse in einem Gemisch von Gas und Kohlenstaub scheinen eine logische Forderung zu sein. Es wird geplant, solche Prüfungen vorzuschreiben, bis Forschungen und Untersuchungen ergeben, daß eine Einschränkung und Begrenzung einiger Prüfungen gerechtfertigt ist.

Sprengstoffe, die in den Vereinigten Staaten bei offener Arbeit verwendet werden.

In den Vereinigten Staaten wird praktisch jede Sorte und Stärke von Sprengstoffen bei öffentlichen Arbeiten wie Steinbrüchen und Eisenbahn-Erdarbeiten benutzt. Bei derartigen Arbeiten ist die Wirksamkeit des Sprengstoffes der Hauptgesichtspunkt. Die Menge von giftigem Gase, die bei der Explosion erzeugt wird, ist von geringer Wichtigkeit, ebensowenig, wie die Neigung, Gas oder Staub zu entzünden, irgendwelche Beachtung erfordert.

Solche Sprengstoffe werden lediglich nach der Aussage des Fabrikanten gekauft und das Kennzeichen oder die Fabriksmarke, die ihre relative Wirksamkeit angeben, sind nur auf willkürliche Methoden gegründet. Z. B. wird 40prozentiges Dynamit in den Vereinigten Staaten manchmal so verkauft, daß mehr oder weniger von dem Nitroglyzerin-Gehalt durch andere Bestandteile ersetzt wird, z. B. durch andere Nitro-Verbindungen, Ammonium-Nitrate oder Nitrocellulose. Diese Bestandteile ersetzen in manchen Fällen bis zu einem gewissen Grade das fehlende Nitroglyzerin, aber die Energie, die bei der Explosion frei wird, wird offenbar auf andere Weise entwickelt. Damit der Käufer die Natur eines Sprengstoffes und seine charakteristischen Bestandteile erkennen kann, sollte der Fabrikant eine einheitliche Nomenklatur in bezug auf die verschiedenen Wirkungsgrade des Sprengstoffes benutzen. Die Bezeichnung der verschiedenen Wirkungsgrade von Sprengstoffen, wie sie in einer kürzlich erschienenen Publikation von Clarence Hall und Spencer P. Howell vom Bureau of Mines der Vereinigten Staaten vorgeschlagen worden ist, wird von einigen Fabrikanten in den Vereinigten Staaten benutzt. Würde sie allgemein benutzt, so könnte der einsichtige Käufer einen Sprengstoff aussuchen, der für seinen besonderen Zweck brauchbar wäre. Das gilt besonders jetzt, da das Bureau Veröffentlichungen vorbereitet, welche die charakteristischen

Digitized by Google

Bestandteile und relativen Stärken der verschiedenen Sprengstoffe angeben. Diese Veröffentlichungen werden auch Vorschläge enthalten, die den Käufern bei der Auswahl eines Sprengstoffes für eine bestimmte Arbeit unterstützen sollen.

Die Käufer von Sprengstoffen sind berechtigt, die charakteristischen Bestandteile der Sprengstoffe zu kennen, die ihnen zum Kaufe angeboten werden. Die revidierten Bestimmungen in Colorado bezüglich des Verkaufes von Sprengstoffen im Staate wurden unter Berücksichtigung dieser Anforderung bekanntgegeben. Das Gesetz, betreffend Markierung von Sprengstoffen für den Verkauf, ist folgendes:

5290. Bezeichnung von Sprengstoffen für den Verkauf. Sek. 11.

Es soll einer Person oder Personen, einer Genossenschaft oder Gesellschaft, nicht gestattet sein, zu verkaufen oder zum Verkauf anzubieten oder Verkaufsaufträge anzunehmen oder zu übermitteln oder zu besorgen oder zu gebrauchen oder vorrätig oder auf Lager zu Verkaufszwecken oder zum Gebrauch in diesem Staate zu haben: irgendeinen Sprengstoff, wie: Giant, Hercules, Atlas, Venture oder irgendeinen anderen von starker Wirkung, der Nitroglyzerin enthält, wenn nicht auf jeder Büchse oder Verpackung und Umhüllung, die irgendeinen solchen Stoff, wie: Giant, Hercules, Atlas, Venture oder irgendeinen anderen nitroglyzerinhaltigen Stoff von starker Sprengwirkung enthalten, der Name und die Fabrik deutlich aufgestempelt oder aufgedruckt ist von der Person, Genossenschaft oder Gesellschaft, bei welcher der Sprengstoff fabriziert wurde, ferner das genaue wahrheitsgemäße Datum seiner Herstellung sowie der Prozentsatz an Nitroglyzerin oder etwaigen anderen starken Sprengstoffen, die darin enthalten sind. (L. 87, p. 278, Par. 1.)

Sprengstoffe, die in Colorado und anderen Staaten als 40%iger Dynamit verkauft werden, enthalten 27—33% Nitroglyzerin und 0·50—1% Nitrocellulose und sind bezeichnet „40%-Stärke". In gleicher Weise werden Sprengstoffe, die 18—22% Nitroglyzerin und 18—20% Ammoniumnitrat enthalten, werden als 40%iger Dynamit verkauft und mit „40%-Stärke" bezeichnet. 40%iger schwer gefrierender Dynamit, der 25—30% Nitroglyzerin und 10—15% Nitroersatzstoffe enthält, wird auch mit „40%-Stärke" bezeichnet. Um das Gesetz wirksam zu machen, müßte es dahin abgeändert werden, daß jeder explosive Bestandteil, mit Ausnahme

Digitized by Google

des als Explosivstoffträger benutzten Materiales auf jede Originalbüchse oder Verpackung gestempelt oder gedruckt sein müßte. Wenn das geschähe, könnten der Staat oder die Käufer der Sprengstoffe gelegentlich die einzelnen Sprengstofflieferungen analysieren und so auf Anwendung des Gesetzes dringen.[1])

Die Panamakanal-Kommission zu Washington D. C. bezieht nach Analyse alle Sprengstoffe, die auf dem Isthmus von Panama gebraucht werden. Die Vorschriften, die den Ankauf von reinem Nitroglyzerin-Dynamit sichern, begrenzen den Feuchtigkeitsgehalt auf 11·2 Gewichtsprozent vom fertigen Produkt. Sprengstoffe, die bei dieser Analyse eine Abweichung von drei oder mehr Prozent von der kontraktlichen Stärke im Nitroglyzeringehalt abweichen, werden nicht angenommen. Wenn eine Analyse ergibt, daß der Prozentsatz an Nitroglyzerin um 1% oder weniger kleiner ist als die volle kontraktlich festgesetzte Stärke, werden die Sprengstoffe ohne Preisabzug angenommen. Ergibt die Analyse, daß der Prozentgehalt an Nitroglyzerin um mehr als 1 und weniger als 3 unter die kontraktliche Stärke herabsinkt, so werden die Sprengstoffe zu einem unter dem vereinbarten Preis liegenden Betrage angenommen zu einem Satz von 15 Cents per hundert Pfund für jede Herabsetzung von 1% unter den vollen kontraktlichen Prozentgehalt. Bei Schätzung dieser Herabsetzung werden Brüche bis zur zweiten Dezimalstelle berücksichtigt.

Die letzte Revision der Kohlenminen-Gesetze in Illinois, gültig vom 1. Juli 1911, welche den Charakter von Schwarzsprengpulver, das zum Gebrauch in Minen verkauft wird, festlegen, sichern ein einheitliches Produkt und Einheitlichkeit in Korngröße und Dichtigkeit. Der Verfasser ist der Ansicht, daß dieses Gesetz eine gute Anleitung für diejenigen Staaten sein würde, die daran denken, eine Revision der Gesetze bezüglich des Verkaufes von schwarzem Sprengpulver in Minen vorzunehmen.

Sprengstoffe, die in Metallminen und bei Tunnelarbeiten verwendet werden.

Sprengstoffe, die in Metallminen und bei Tunnelarbeiten benutzt werden, sollten nicht nur wirksam sein, sondern sollten

[1]) W. O. Sneeling und C. G. Storm bereiten jetzt für das U. S. Bureau of Mines eine Veröffentlichung über die „Analyse von Sprengstoffen“ vor.

Digitized by Google

auch keine giftigen oder schädlichen Gase erzeugen, weil bei Arbeiten dieser Art notwendigerweise große Quantitäten von Sprengstoffen verwendet werden und die Ventilation an den Arbeitsplätzen gewöhnlich mangelhaft ist. Gelatin-Dynamite werden sehr häufig benutzt, besonders bei feuchten und tiefen Arbeiten. Die Untersuchungsergebnisse des Bureau of Mines der Vereinigten Staaten zeigen, daß durch Auslassung von Schwefel und durch eine geringe Erhöhung des Prozentgehaltes an Natriumnitrat die brennbaren Bestandteile des Dynamits, einschließlich des Packpapieres, bei der Explosion vollständig oxydiert werden. Als Resultat ihrer Forschungen hat der „United States Reclamation Service" auf Anregung des Bureau of Mines Bestimmungen vorbereitet, die den Einkauf von Sprengstoffen in den westlichen Teilen des Service umfassen.[1])

Detonatoren und elektrische Zünder.

Zurzeit ist die Klassifizierung der Detonatoren und elektrischen Zünder und die Bezeichnung der verschiedenen Wirkungsgrade nach der Beschaffenheit der Zusammensetzung der Zünder, wie sie in Bulletin 17 des Bureau of Mines der Vereinigten Staaten vorgeschlagen worden ist, allgemein von allen Fabrikanten angenommen worden. Detonatoren von stärkerer Wirksamkeit, als sie früher benutzt wurden, werden jetzt bei Sprengarbeiten verwendet, und man nimmt allgemein an, daß solche Detonatoren ihren etwas höheren Preis reichlich wettmachen. Es ist befriedigend, zu konstatieren, daß die Nachfrage nach Detonatoren Nr. 3 und 4 so gering ist, daß die Fabrikanten daran denken, die Fabrikation dieser wenig starken Detonatoren einzustellen. Die Ergebnisse der letzten im Bureau of Mines ausgeführten Versuche zeigen, daß die Wirksamkeit der Handels-Sprengstoffe sich mit dem Wirkungsgrad des verwendeten Detonators erhöht. Z. B. wurde die Wirksamkeit von vier verschiedenen Sprengstoffen um 10·4% erhöht, wenn ein Detonator Nr. 6 an Stelle eines Detonators Nr. 4 benutzt wurde. Es ist auch bemerkenswert, daß, wenn ein höherer Grad von Detonator benutzt wird, die Wahrscheinlichkeit, daß Sprengstoffe nicht explodieren, verringert wird. Der durchschnittliche Prozent-

[1]) Vergl. Vorschriften 187 „Sprengstoffe und Sprengmaterialien" U. S. Reclamation Service, Washington, D. C.

Digitized by Google

satz von Versagern von sechs verschiedenen Sprengstoffen war um 20% größer, wenn ein Detonator Nr. 4 anstatt eines Detonators Nr. 6 benutzt wurde.

Zündmittel.

Als das Bureau of Mines in den Vereinigten Staaten aufgefordert wurde, Bedingungen für die Prüfung von Sicherheitszündmitteln zur Verwendung beim Bau des Panamakanales aufzustellen, ergab sich auf Grund von Versuchen, daß die billigeren Sorten von Zündmitteln sich nicht eigneten und keineswegs die gewünschte Wirkung hervorbrachten. Bei der Ausarbeitung der Bedingungen stand als Ziel die Beschaffung eines verhältnismäßig sicheren und brauchbaren Zündmittels von gleichförmiger Brennweise unter den am Isthmus von Panama herrschenden Umständen vor Augen. Naturgemäß würde ein derartiges Zündmittel in gas- oder staubhaltigen Kohlenminen nicht anwendbar sein. Nach neueren Untersuchungen im Bureau of Mines der Vereinigten Staaten hat sich herausgestellt, daß ein unter bestimmten Bedingungen hergestelltes Zündmittel beim Verbrennen nicht seitlich sprüht, und wenn das Gewicht der Pulverfüllung nicht mehr als 0·63 g pro Fuß beträgt, die Endverbrennung ein explosives Gemisch von Gas und Luft nicht mehr zur Entzündung bringt. Werden dagegen elektrische Detonatoren in die Ladung eingebettet und durch die benutzte Packung isoliert, so kann man sie als das sicherste Mittel zur Zündung von Sprengstoffladungen in feuergefährlichen Minen betrachten.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXVIII 1

DIE BENENNUNG EINIGER TECHNISCHER BEGRIFFE.

Von **A. Mesnager**, Paris, Präsident der Kommission 52.

(Übersetzt von Ing. J. Fleischmann, Wien.)

Der Kommission, der das Studium dieser Frage oblag, gehörten an:

H. A. Mesnager als Obmann;

die Herren E. Heyn, Berlin-Lichterfelde; B. Kirsch, Wien; A. Rejtő, Budapest; J. H. Gulliver, Edinburg; N. Antochine, St. Petersburg als Mitglieder.

Das Lesen von Werken, die Materialproben behandeln, bietet oft dadurch große Schwierigkeiten, daß sowohl für die Bezeichnung der aufgewendeten Gesamtkraft (absoluten Kraft) als auch für jene der auf die Flächeneinheit bezogenen Kraft (spezifischen Kraft) gleiche Ausdrücke angewendet werden. Man erkennt nicht immer leicht, welche der beiden Kräfte der Autor im Auge hat, besonders wenn sich zu den Schwierigkeiten der behandelten Frage noch solche der Übersetzung in eine fremde Sprache hinzugesellen. Im Französischen wird häufig mit Unrecht das Wort „travail" (Arbeit) zur Bezeichnung der Kraft pro Flächeneinheit verwendet; dieser Ausdruck hat jedoch bereits eine andere Bedeutung und gibt daher zu Irrtümern Anlaß; solchen muß aus dem Wege gegangen werden. Wir haben versucht, die Worte in jenem Sinne, in dem sie vornehmlich bereits im Gebrauche stehen, zu benutzen, und sind auf Grund dessen zu nachfolgenden Vorschlägen gelangt.

Das Studium der bleibenden Formänderungen hat zur Behandlung der Frage der „inneren Reibung", die sich der gegenseitigen Lageänderung der festen Elemente eines Stoffes entgegen-

Digitized by Google

setzt, geführt. Einige Autoren haben mit diesen Worten die Spannung bezeichnet, die parallel zur Gleitebene und entgegengesetzt zur Gleitrichtung wirkt, andere haben darüber nur eine nach einer bestimmten Richtung wirkende Komponente dieser Spannung verstanden, wieder andere benutzen diese Worte zur Bezeichnung von Energieaufwendungen, die dazu dienen, die Schwingungen eines in Vibration befindlichen Körpers zu dämpfen. Es scheint jedoch, daß es sich im letzteren Falle um eine Wirkung handelt, die mehr in das Gebiet der Viskosität, als in jenes, das man allgemein als Reibung bezeichnet. Übrigens hat man in neueren Werken das Wort „Viskosität" bereits in Verwendung. Es dürfte sich daher empfehlen, das Wort „Reibung" (frottement) nur für solche innere Kräfte zu verwenden, die tatsächlich der Reibung analog sind und sich den gegenseitigen Verschiebungen der Elemente entgegensetzen.

Es gibt noch eine große Anzahl anderer falsch definierter oder von den Technikern in verschiedenem, zuweilen diametral entgegengesetztem Sinne angewendeten Ausdrücke; wir haben uns aber im Augenblicke damit begnügen müssen, unsere Vorschläge nur bezüglich jener Punkte zu fassen, bezüglich derer mit allen Mitgliedern der Kommission ein Einvernehmen möglich war.

Wir haben die Absicht, unsere Arbeit später zu ergänzen.

Vorschläge an den Kongreß:

1. Es sollen für die Bezeichnung der Gesamtkraft oder absoluten Kraft die Worte vorbehalten bleiben:

im Französischen: Force, effort (de traction, de compression, de cissaillement);

im Deutschen: Kraft, Zugkraft, Druckkraft, Schubkraft oder Scherkraft;

im Englischen: Force, Load (tensile, compressive, shearing), Pull and Thrust

2. Man bezeichne als Kraft, bezogen auf die Flächeneinheit:

im Französischen: Tension, pression, cissaillement (tension normale, pression normale, tension tangentielle);

im Deutschen: Zugspannung, Druckspannung, Schubspannung;

im Englischen: Tension, Pressure, Shear or Stress (tensile, compressive, shearing).

Die Worte frottement intérieur, innere Reibung, internal friction sind ausschließlich für die Bezeichnung der Spannung parallel zur Gleitfläche und entgegengesetzt zur Gleitrichtung anzuwenden.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXVIII 2

DAS VERHÄLTNIS DER BIEGEKRAFT ZUR JEWEILIGEN SPANNUNG ODER HÄRTE.

Von Prof. **A. Rejtő**, Budapest.

Die Aufgabe der Materialprüfung ist es, jene Eigenschaften zu erforschen, die die Widerstandsfähigkeit der Materialien beeinflussen.

Mich mit dieser Aufgabe befassend, habe ich schon öfters[1]) mitgeteilt, daß die spezifische Widerstandsfähigkeit (Q_s) zäher Materialien bei langsam wachsender Beanspruchung eine Funktion der jeweiligen Spannung (p_1), der gleichmäßigen Dehnung (λ_1) und des Gleitungswinkels (β_1) ist; also, daß

$$Q_s = f(p_1, \lambda_1, \beta_1) \quad \text{sei.}$$

Dieses Gesetz besitzt meiner Ansicht nach eine allgemeine Giltigkeit.

Hiefür habe ich den experimentellen Beweis schon mit Scherversuchen und mit den Brinellschen Kugeldruckversuchen geliefert,[2]) einen weiteren will ich nun jetzt mittels Biegebeanspruchungen liefern. Um dies durchführen zu können muß ich vorerst die Formel dieser Funktion bestimmen.

Es ist jedoch bekannt, daß sich das Material beim Biegen ganz anders verhält, wenn die Entfernung der Unterlagen sehr gering ist; wir müssen deshalb jenen minimalen Wert dieser Entfernung bestimmen, bei welcher die abzuleitende Formel bereits Giltigkeit besitzt.

---

[1]) Rejtő: Die innere Reibung der festen Körper. Leipzig 1897.
Rejtő: In den Mitteilungen des Kongresses zu Stockholm im Jahre 1897.
Rejtő: Kongreß zu Paris im Jahre 1900.

[2]) Rejtő: „Baumaterialkunde", 1904, 1907.

Digitized by Google

Diesen Wert habe ich mit Hilfe der Gleitungsflächen abgeleitet[1]) und es ergab sich, daß die äußere Kraft mit ihrem Drehmomente erst dann wirkt, wenn die Entfernung der Unterlagen von dem Stempel (l) : $l > \delta \operatorname{tg} \beta$ ist, in welcher Formel δ die Dicke des Versuchskörpers und β den Gleitungswinkel bedeutet.

Die Ableitung der Formel der Biegekraft.

Die Bedingung der Biegung ist — laut dem Vorhergesagten —, daß

$$l > \delta \operatorname{tg} \beta \quad \text{sei.} \qquad 1.$$

Das Wesen dieser Beanspruchung besteht darin, daß die äußere Kraft die Querschnitte um die in der neutralen Schichte liegende Achse dreht, wobei sich das Moment ($\mathfrak{M}_{\ddot{a}}$) der äußeren Kräfte im Gleichgewichte mit dem Momente der Spannungen ($\mathfrak{M}_i$) befindet, und auch die im betrachteten Querschnitte wirkenden inneren Kräfte, mit den äußeren. Daraus folgt, daß

$$\mathfrak{M}_{\ddot{a}} = \mathfrak{M}_i \quad \text{sein muß} \qquad 2.$$

wobei $\mathfrak{M}_i = \mathfrak{M}_p + \mathfrak{M}_q$ ist 2 a).

wenn $\mathfrak{M}_p$ das Moment der Zugspannungen und $\mathfrak{M}_q$ das der Druckspannungen bezeichnet und daß

$$Po = Qo + H' \text{ sei,}$$

wenn Po und Qo die inneren Kräfte und H' die äußere Kraft bedeutet.

Unsere Aufgabe ist nun, die Werte der Momente zu berechnen.

Um aber die Momente der Spannungen berechnen zu können, ist die Kenntnis der Lage der neutralen Schichte nötig, sowie die Werte der Spannungen im gefährlichen Querschnitte und in der neutralen Schichte.

Die Lage der neutralen Schichte.

Die Lage der neutralen Schichte kann man folgenderweise bestimmen.

Aus alten Versuchsergebnissen ist bekannt, daß die Dicke des Versuchskörpers so lange unverändert bleibt, als die Formänderung die Zähigkeitsgrenze nicht überschreitet; es ist dem-

[1]) „Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye" (Zeitschrift des ung. Ingenieur- und Arch.-Vereines) 1902, jan. füzet.

Digitized by Google

nach die Summe der Dicken der Zug (δ_p) und der Druckzone (δ_q) constant,[1]) d. h.

$$\delta = \delta_p + \delta_q \qquad 3.$$

Da in dieser Gleichung zwei Unbekannte sind, so benötigen wir noch eine weitere Gleichung, welche wir mit Hilfe der Gleitflächen ableiten können.

Ziehen wir zu diesem Zwecke jene Gleitflächen in Betracht, die aus den Grenzschichten des gefährlichen Querschnittes ausgehen.

Es sei in Fig. 1 der gefährliche Querschnitt mit c e bezeichnet, in c wirkt die maximale Zugspannung (p_1) und in e die maximale Druckspannung (q''). Da nun jede Zugkraft[2]) Gleitung in jenen Richtungen hervorbringt, die mit der Kraftrichtung den Winkel $\beta > 45^0$ und die Druckkraft in jenen, die den Winkel

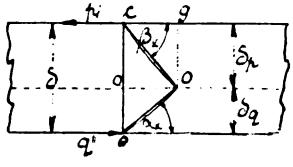


Fig. 1.

$\alpha < 45^0$ einschließen, so muß die Gleitung zufolge der in c vorhandenen maximalen Spannung unter einem bestimmten, dem Material entsprechenden maximalen Winkel β beginnen und in e unter dessen complementaren Winkel α; da jedoch in den unteren Schichten die Spannungen fortwährend geringer werden, so wird auch der Winkel β dort fortwährend geringer, bis er in der neutralen Schichte den Wert $\beta = 45^0$ erhält, so daß die Gleitungsflächen gekrümmt sind, wie dies Fig. 1 darstellt.

Anstatt der gekrümmten Flächen nehmen wir der Einfachheit halber solche gerade Flächen, die die Endpunkte dieser verbinden, und deren Winkel gleich dem Mittelwert von β_{max} und β_{min}, bezw. α_{min} und α_{max} sind und die wir mit β_x, bezw. α_x bezeichnen wollen. (Siehe Fig. 1.)

---

[1]) Duguet, Deformation des Corps solides. Paris, 1882.

[2]) Rejtő: Über die Entstehung der Kraftlinien, „Baumaterialkunde", 1898.

Digitized by Google

Da aber der größtwertige Winkel β, wenn der Reibungswinkel mit ψ bezeichnet wird, folgend ausgedrückt werden kann: $\beta_{max} = 45^0 + \psi$ und der geringste Wert von β [nicht unter 45^0 sein kann ($\beta_{min} = 45^0$), so ist der wahrscheinliche Mittelwert von

$$\beta_x = 45^0 + \frac{\psi}{2}.$$

Aus Fig. 1 folgt aber, daß

$$\frac{\delta_p}{\delta_q} = tg^2 (45^0 + \frac{\psi}{2}) = tg^2 \beta_x. \qquad 4.$$

Da aber Winkel ψ gering ist, so kann man folgende Gleichung benützen:

$$tg^2 (45 + \frac{\psi}{2}) = tg (45^0 + \psi), \quad \text{oder}$$

$$tg^2 \beta_x = tg \beta$$

dies in Formel 4 substituiert ergibt sich, daß

$$\frac{\delta_p}{\delta_q} = tg \beta \qquad 4\,a).$$

diese mit Formel 3 verbunden ergibt

$$\delta_p = \delta \frac{tg \beta}{1 + tg \beta} \qquad 5\,a).$$

und

$$\delta_q = \delta \frac{1}{1 + tg \beta} \quad \text{ist,} \qquad 5\,b).$$

womit die Lage der neutralen Schichte bestimmt ist.

Die Spannungen in den Grenzflächen

Wir wollen vorerst die Spannungen in den äußersten Schichten in Betracht nehmen.

Auf die Spannungen in den äußersten Schichten kann man aus deren Formänderung schließen, da die Spannungen mit der bleibenden Maßverlängerung in einem Verhältnisse zweiten Grades stehen.

Um aber die Maßverlängerung berechnen zu können ist es nötig, daß wir die Formel für die Form der äußeren Schichten kennen. Zu deren Bestimmung habe ich folgende Versuche durchgeführt:

Ich wählte als Probekörper Platten und Stäbe mit viereckigem Querschnitte, bog diese mit konzentrierter Kraft bis zu

Digitized by Google

verschiedenen Biegungswinkeln, entlastete sie wieder und zeichnete deren Form genau ab. Es ergab sich nun (siehe Fig. 2), daß die Probekörper an deren Enden die anfängliche, geradlinige Form beibehalten haben, und daß deren Richtung tangential zu dem gekrümmten Teil verläuft, und daß schließlich der Schnittpunkt dieser Tangenten von dem Scheitelpunkte in gleicher Entfernung liegt, als letzterer von jener Sehne, die die Berührungspunkte der Tangenten verbindet, was ein unzweifelhafter Beweis dafür ist, daß die äußeren Schichten des gebogenen Körpers die Formel einer Parabel besitzen. Deren Formel:

$$y^2 = 2 \cdot \varsigma \cdot x \quad \text{ist.}$$

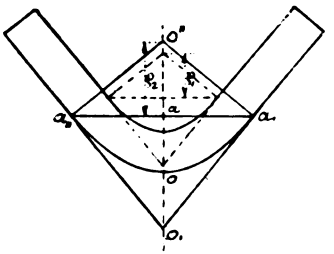


Fig. 2.

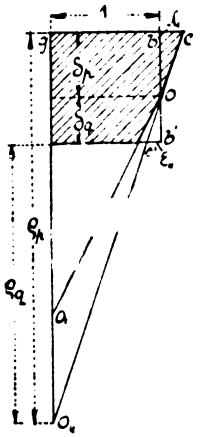


Fig. 3.

Ich habe weiterhin graphisch die Parameter der äußeren und inneren Parabel bestimmt (siehe Fig. 2), die zugleich die Krümmungshalbmesser der Scheitelpunkte sind (ς_p und ς_q) und es ergab sich, daß die Differenz des äußeren und inneren Krümmungshalbmessers größer ist als die Dicke des Versuchskörpers (siehe Fig. 3), d. h.

$$\varsigma_p - \varsigma_q > \delta. \qquad 6.$$

Wenn aber die äußere Kraft nur das Drehen der Querschnitt-Ebenen bewerkstelligen würde, so müßte

$$\varsigma_p - \varsigma_q = \delta \quad \text{sein.}$$

Forschen wir nun nach, woher diese Differenz entsteht.

Zu diesem Zwecke ist es nötig, die äußere Kraft in Komponenten zu teilen und deren Wirkung zu untersuchen.

Digitized by Google

Im Falle größerer Formänderung wirkt die Reaktion nicht mehr parallel zur Aktion, sondern senkrecht auf die Berührungsflächen (R'), und da (siehe Fig. 4) zu gleicher Zeit gegen das Weitergleiten des Probekörpers auch Reibung (R'f) wirkt, so ist die gesamte Reaktionskraft die Resultierende dieser zwei Kräfte (R''). Um nun deren Wirkung untersuchen zu können, müssen wir sie in zwei Komponenten zerlegen, u. zw. in eine Kraft (Q') zur Aktion parallel und in eine hierauf senkrecht (H'). Wenn wir diese Komponenten (Q', Q'', H', H'') in die Neutralachse des gefährlichen Querschnittes verlegen, ergibt es sich, daß die Komponenten Q' und Q'' nicht nur Kräftepaare bilden, sondern daß deren Summe (Q' + Q'') in demselben Querschnitte wie die

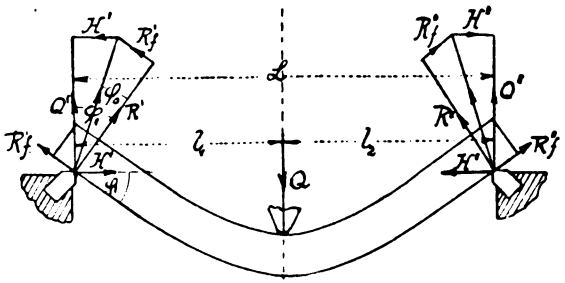


Fig. 4.

Aktion und dieser entgegengesetzt wirken, folglich Druck hervorbringen, weshalb der Stempel in das Material eindringt und dieses längs der inneren Oberfläche staucht, was die Verminderung des Krümmungshalbmessers hervorbringt.

Da wir nun wissen, daß die Verminderung des inneren Krümmungshalbmessers die Folge einer sekundären Wirkung ist, so dürfen wir als das Wesen des Biegens die Drehung der Querschnittsebenen betrachten.

Wird Fig. 3 von diesem Standpunkte betrachtet, ergibt sich, daß:

$$\varsigma_p : 1 + \lambda_1 = \delta_p : \lambda_1$$

woraus, wenn der Wert von δ_p aus Formel 5a) substituiert wird,

$$\frac{1}{\varsigma_p} = \frac{1}{\varepsilon} \cdot \frac{1 + \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \beta} \cdot \frac{\lambda_1}{1 + \lambda_1} \qquad 6\,a).$$

Digitized by Google

Mit Hilfe dieser Formel kann man den Wert von λ_1 bestimmen, womit die entsprechende Spannung der äußeren Schichte (p_1) schon berechnet werden kann.

Wir müssen aber noch die Spannung der Komponente H', H'' in Betracht ziehen.

Aus Fig. 5 ist ersichtlich, daß die Komponente H' und H'' nicht nur Kräftepaare bilden, sondern in dem Querschnitte auch Spannung ausüben. Infolgedessen verändern sich die Spannungen und die Lage der neutralen Achse. Diese Veränderungen sind aber schon in Rechnung gezogen, sobald die Spannungen aus der Formänderung berechnet werden. In der neutralen Achse ist die Spannung gleich Null, doch wollen wir der Einfachheit halber selbe

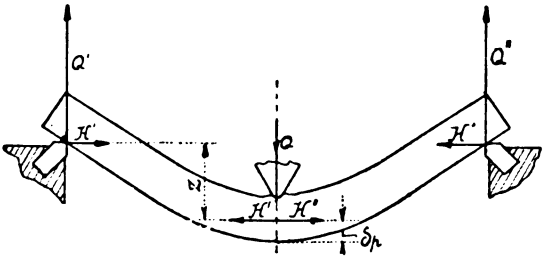


Fig. 5.

doch gleich der Proportionalitätsgrenze (p_a und q_a) annehmen, u. zw. deshalb, weil in den Fällen, wo bleibende Formänderung eintritt, die Dicke der rein elastischen Zone schon so gering ist, daß deren Vernachlässigung bei der Berechnung der Momente der inneren Kräfte einen geringen Fehler hervorbringt.[1])

Jetzt könnten wir zur Berechnung der Momente der inneren Kräfte übergehen. Da wir aber hiezu die Größe der veränderten Breite benötigen, so ist es angezeigt, vorerst noch die Änderung der Breite zu erörtern.

Die Änderung der Breite.

Bei der Erörterung der Druckbeanspruchung[2]) habe ich mit Hilfe der Gleitungsflächen die Bedingungen für die Breiteänderung

[1]) Considère: Die Anwendung von Eisen und Stahl bei Konstruktionen. 1888.

[2]) Siehe nächste Seite Fußnote 1.

Digitized by Google

abgeleitet. Die dort erhaltenen Resultate habe ich für unseren Fall angewendet[1]) und es ergab sich, daß bei Biegung eine regelmäßige Breiteänderung nur so lange entstehen kann, bis die Breite (b) geringer oder höchstens gleich der Dicke (δ) ist.

Einen Versuchskörper, der dieser Bedingung entspricht, d. h. dessen $b \leq \delta$ ist, wollen wir im Nachfolgenden „**Stab**" nennen.

Wenn aber $b < \delta$ ist, so nimmt die Breite einen geringeren Anteil an der Formänderung, und wenn $b \geq 10 \cdot \delta$ ist, so ändert sich die Breite nicht mehr. Solche Körper, die dieser letzteren Bedingung entsprechen, wollen wir „**Bleche**" nennen.

Bei Blechen bleibt also die Breite unverändert, es ist $b_1 = b$.

Bei Stäben vermindert sich die Breite in dem gezogenen Teil und vergrößert sie sich im gedrückten. Wenn man Fig. 6 in Be-

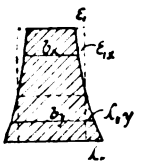


Fig. 6.

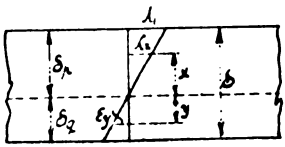


Fig. 7.

tracht zieht, so erhält man auf Grund der Volumbeständigkeit, daß im gezogenen Teile:

$$b_x = b \left(1 - \frac{\lambda_x}{2}\right); \qquad 7\,a).$$

im gedrückten Teile:

$$b_y = b \left(1 + \frac{\varepsilon_y}{2}\right). \qquad 7\,b).$$

Gemäß Fig. 7 sind die Werte für λ_x und ε_y:

$$\lambda_x = \frac{\lambda_1}{\delta_p} \cdot x \text{ und } \varepsilon_y = \frac{\varepsilon''}{\delta_q} \cdot y; \qquad 8.$$

diese Werte substituiert in die Formeln 7a), 7b) ergeben:

$$b_x = b \left(1 - \frac{\lambda_1}{2 \cdot \delta_p} \cdot x\right) \qquad 7\,c).$$

$$b_y = b \left(1 + \frac{\varepsilon''}{2 \cdot \delta_q} \cdot y\right). \qquad 7\,d).$$

[1]) Rejtő: Die innere Reibung der festen Körper.
Rejtő: „Magyar Mérnök- és Épitész-Egylet Közlönye" („Zeitschrift des Ungarischen Ingenieur- und Architekten-Vereines"). 1912, H. 2.

Digitized by Google

Berechnung der Momente der inneren Kräfte.

Bei Zug- und Druckbeanspruchungen fanden wir, daß die Spannungen mit den bleibenden Maßvergrößerungen im Verhältnisse zweiten Grades stehen. Dieses Verhältnis müssen wir auch bei Biegung festhalten. Laut dem Vorhergesagten setzen wir die Spannungen in der neutralen Achse gleich der Proportionalitätsgrenze (p_a, q_a), und, wenn wir annehmen, daß die Spannungen in den äußeren Schichten gleich p_1 und q'' sind, so kann die Spannungsänderung durch das in Fig. 8 sichtbare Bild dargestellt werden.

Da aber ein kurzes Stück einer Kurve zweiten Grades durch eine Parabel mit genügender Genauigkeit substituiert werden kann, so können wir auch hier die bei der Erörterung der Zugspannungen[1]) abgeleiteten parabolischen Formeln anwenden, nur

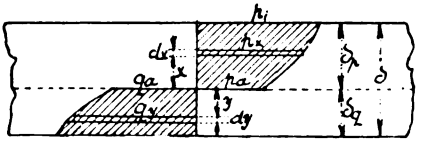


Fig. 8.

müssen wir den Wert des Parameters entsprechend festlegen, u. zw. in folgender Weise:

$$p_x = p_a + \frac{p_1 - p_a}{\sqrt{\lambda_1}} \cdot \sqrt{\lambda_x} \qquad 9\,a).$$

und[2])

$$q_y = p_a + \frac{q'' - q_a}{\sqrt{\varepsilon''}} \cdot \sqrt{\varepsilon_y} \qquad 9\,b).$$

Wenn die Werte für ε_y, λ_x aus Formel 8 substituiert werden, so ist:

$$p_x = p_a + \frac{p_1 - p_a}{\sqrt{\delta_p}} \cdot \sqrt{x} \qquad 9\,c).$$

und

$$q_y = q_a + \frac{q'' - q_a}{\sqrt{\delta_q}} \cdot \sqrt{y} \qquad 9\,d).$$

---

[1]) Rejtő: Die innere Reibung der festen Körper.

[2]) Die Druckspannung als Funktion der Maßverminderung kann auch durch eine Parabel ausgedrückt werden.

Digitized by Google

Jetzt können wir schon zur Bestimmung der Formeln der Momente der inneren Kräfte schreiten. Nach Fig. 8 können wir die allgemeinen Formeln, wie folgt, schreiben:

$$\left.\begin{aligned} \mathfrak{M}_p &= \int_0^{\delta_p} b_x \cdot p_x \cdot x \cdot dx \\ \mathfrak{M}_q &= \int_0^{\delta_q} b_y \cdot q_y \cdot y \cdot dy \end{aligned}\right\} \qquad 10.$$

Hierin die Werte von p_x, q_y aus 9c) und 9d) substituiert, ergibt für Bleche

$$\mathfrak{M}_p = b \cdot \delta_p^2 \cdot p_1 \cdot (0{\cdot}4 + 0{\cdot}1 \frac{p_a}{p_1}) \qquad 10\,a).$$

$$\mathfrak{M}_q = b \cdot \delta_q^2 \cdot q'' \, (0{\cdot}4 + 0{\cdot}1 \frac{q_a}{q_1}) \qquad 10\,b).$$

Bei Stäben müssen wir in die Formeln 10 auch die Werte b_x und b_y aus Formel 7e) und 7d) einsetzen. Es ergibt sich dann:

$$\mathfrak{M}_p = b \cdot \delta_q^2 \cdot p_1 \left[0{\cdot}4 + 0{\cdot}1 \frac{p_a}{p''} - (0{\cdot}143 + 0{\cdot}023 \frac{p_a}{p_1}) \lambda_1 \right] 10\,c).$$

und

$$\mathfrak{M}_q = b \cdot \delta_p^2 \cdot q'' \left[0{\cdot}4 + 0{\cdot}1 \frac{q_a}{q''} + (0{\cdot}143 + 0{\cdot}023 \frac{q_a}{q''}) \varepsilon'' \right] 10\,d).$$

Diese Formeln besitzen noch zwei Unbekannte, u. zw. q'' und ε''. Um diese zu bestimmen, benötigen wir zwei Gleichungen. Eine Gleichung können wir mit Hilfe des Satzes des Gleichgewichtes der Kräfte aufstellen: $P_o = Q_o + H'$. 11 c).

Da aber der Wert von H' noch unbekannt ist, so wollen wir vorläufig als Annäherungs-Formel

$$P_o = Q_o \qquad 11\,d).$$

benützen.

Die allgemeinen Formeln der inneren Kräfte sind nach Fig. 8:

$$P_o = \int_0^{\delta_p} b_x \cdot p_x \cdot dx \text{ und } Q_o = \int_0^{\delta_q} b_y \cdot q_y \cdot dy \qquad 11.$$

Bei Blechen ergibt sich durch Substituierung der Werte für p_x und q_y aus Formel 9a) und 9b), daß:

Digitized by Google

$$\frac{\delta_p}{\delta_q} = \frac{q''}{p_1} \cdot \frac{(0{\cdot}666 + 0{\cdot}333\ \frac{q_a}{q''})}{(0{\cdot}666 + 0{\cdot}333\ \frac{p_a}{p_1})} \qquad 11\,a).$$

Bei Stäben muß man in die Formeln 11 auch die Werte von b_x und b_y substituieren; es ergibt sich dann:

$$\frac{\delta_p}{\delta_q} = \frac{q''}{p_1} \cdot \frac{0{\cdot}666 + 0{\cdot}333\ \frac{q_a}{q''} + (0{\cdot}2 + 0{\cdot}05\ \frac{q_a}{q''})\ \varepsilon''}{0{\cdot}666 + 0{\cdot}333\ \frac{p_a}{p_1} - (0{\cdot}2 + 0{\cdot}05\ \frac{p_a}{p_1})\ \lambda_1} \qquad 11\,b).$$

Die zweite Gleichung kann man auf Grund Fig. 7 bezüglich ε'' folgendermaßen aufstellen:

$$\varepsilon'' = \lambda_1 \frac{\delta_q}{\delta_p} \qquad 12.$$

Aus Formel 5 und 12 ergibt sich nun, daß

$$\varepsilon'' = \lambda_1 \operatorname{cotg} \beta \cdot \quad \text{ist} \qquad 13.$$

und aus Formel 5a) und 11a) für Bleche:

$$\frac{q''}{p_1} \frac{(0{\cdot}666 + 0{\cdot}333\ \frac{q_a}{q''})}{(0{\cdot}666 + 0{\cdot}333\ \frac{p_a}{p_1})} = \operatorname{tg} \beta$$

woraus folgt, daß:

$$q'' = p_1 \cdot \operatorname{tg} \beta \qquad 14\,a).$$

ist, weil in diesem Falle $\frac{p_a}{p_1} = \frac{q_a}{q''}$ genommen werden darf. Aus Formel 5a) und 11b) ergibt sich für Stäbe

$$\frac{q''}{p_1} \cdot \frac{0{\cdot}666 + 0{\cdot}333\ \frac{q_a}{q''} + (0{\cdot}2 + 0{\cdot}05\ \frac{q_a}{q''})\ \varepsilon''}{0{\cdot}666 + 0{\cdot}333\ \frac{p_a}{p_1} - (0{\cdot}2 + 0{\cdot}05\ \frac{p_a}{p_1})\ \lambda_1} = \operatorname{tg} \beta_1,$$

weil auch in diesem Falle $\frac{q_a}{q''} = \frac{p_a}{p_1}$ genommen werden kann. Wenn wir in diese letzte Formel den Wert von ε'' aus Formel 13 einsetzen, wird

$$q'' \cdot G = p_1 \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot$$

Digitized by Google

oder

$$q'' = p_1 \frac{\operatorname{tg} \beta}{G} \quad \text{sei, worin} \qquad 14\,b).$$

$$G = \frac{0{\cdot}666 + 0{\cdot}333 \frac{p_a}{p_1} + (0{\cdot}2 + 0{\cdot}05 \frac{p_a}{p_1}) \lambda_1 \operatorname{cotg} \beta}{0{\cdot}666 + 0.333 \frac{p_a}{p_1} - (0{\cdot}2 + 0{\cdot}05 \frac{p_a}{p_1}) \lambda_1} \quad \text{ist.} \qquad 15.$$

Werden die Resultate 13, 14a), 14b) in die Formeln 10a) und 10b) sowie in Formeln 10c) und 10d) substituiert und sofort die Summe der inneren Momente gebildet, so ergibt sich für Bleche:

$$\mathfrak{M}_i = b \cdot \delta^2 \cdot p_1 \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg} \beta} (0{\cdot}4 + 0{\cdot}1 \frac{p_a}{p_1}) \qquad 16a).$$

und für Stäbe:

$$\mathfrak{M}_i = b \cdot \delta^2 \cdot p_1 \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta}{(1 + \operatorname{tg} \beta)^2} \left[(0{\cdot}4 + 0{\cdot}1 \frac{p_a}{p_1}) (\operatorname{tg} \beta + \frac{1}{G}) - \right.$$

$$\left. - (0{\cdot}143 + 0\,023 \frac{p_a}{p_1}) \lambda_1 (\operatorname{tg} \beta - \frac{\operatorname{cotg} \beta}{G}) \right] \qquad 16b).$$

Nach dieser Bestimmung der Werte der Momente der inneren Kräfte können wir zur Bestimmung der Momente der äußeren Kräfte schreiten.

Um aber die rechnerischen Ergebnisse mit den Versuchsresultaten vergleichen zu können, müssen wir in Betracht ziehen, daß ich bei meinen Versuchen solche Schaubilder erhielt, welche die Biegekraft als Funktion der Einbiegung darstellen. Es ist daher nötig, daß wir uns auch mit der Berechnung der Einbiegung befassen und daß wir aus dem Gleichgewichte der inneren und äußeren Momente die Biegekraft berechnen.

Die Einbiegung.

Der gesamte Weg der Biegekraft, d. h. die Einbiegung, ist nach Fig. 9 s = o c. Dieser besteht aber aus zwei Teilen, aus einem, der der parabolischen Kurve entspricht, s_1 = o a und einem zweiten geraden Stücke s_2 = a c.

Jenen Teil, der der parabolischen Kurve entspricht, kann man mit Hilfe der allgemeinen Parabel-Formel bestimmen. Es ist:

Digitized by Google

$$x = \frac{y^2}{2\,\varsigma_p} \qquad 18.$$

Da für x der größte Wert x = o a, für y = a a_1 ist, und da a a_1 = c c_1, so ist

$$s_1 = \frac{c\,c_1}{2\,\varsigma_p} \qquad 18a).$$

Der dem geraden Teile entsprechende Weg kann nach Fig. 9 ausgedrückt werden durch:

$$s_2 = c_1 e \cdot \operatorname{tg} \varphi \qquad 18b).$$

Es ist demnach deren Summe:

$$s = \frac{c\,c_1}{2\,\varsigma_p} + c_1 e \cdot \operatorname{tg} \varphi \qquad 17a).$$

In dieser Formel sind aber noch drei Glieder unbekannt.

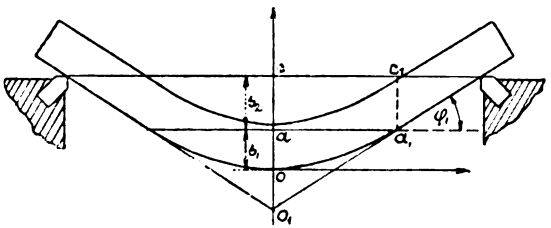


Fig. 9.

Bezüglich der Werte der Längen c c' und c' e ist aus Fig. 9 ersichtlich, daß c c_1 + c_1 e = $\frac{L}{2}$ ist; weiterhin habe ich, als ich die Form des gebogenen Stückes abzeichnete (Fig. 2), auch den Winkel φ und den Krümmungshalbmesser ς_p bestimmt, und mit Hilfe dieser Daten das Verhältnis der in Rede stehenden Längen untersucht. Es ergab sich, daß

$$e\,c_1 = \frac{L}{2} \cdot \frac{p_a}{p_1} \qquad 19.$$

es ist daher

$$c\,c_1 = \frac{L}{2} \cdot \left(1 - \frac{p_a}{p_1}\right) \qquad 20.$$

Schließlich benötigen wir noch den Wert von tg φ. Dieser kann mit Hilfe der Formel 18 bestimmt werden, weil der erste Differential-Quotient der Kurve gleich tg φ ist; es ist also (siehe Formel 18)

Digitized by Google

$$\frac{dx}{dy} = \frac{y}{\varsigma_p}$$

und da $\frac{dx}{dy} = \operatorname{tg} \varphi$ und $y = e\, c_1$ oder $y = \frac{L}{2} \frac{p_a}{p_1}$ ist, so ergibt sich

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{1}{\varsigma_p} \cdot \frac{L}{2} \left(1 - \frac{p_a}{p_1}\right) \qquad 21.$$

Die nun erhaltenen Formeln 19, 20, 21 in Formel 17a) substituiert, ergeben

$$s = \frac{L^2}{8\, \varsigma_p} \left[1 - \left(\frac{p_a}{p_1}\right)^2\right] \qquad 17c).$$

Diese Formel stellt jene Einbiegung dar, welche an dem entlasteten Körper wahrnehmbar ist, da aber die Schaubilder die

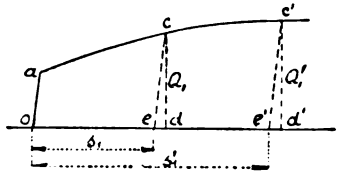


Fig. 10.

gesamte (d. h. die bleibende und elastische) Einbiegung darstellen, so ist es nötig, um die berechneten Daten mit den Versuchsergebnissen vergleichen zu können, die elastische Einbiegung aus dem Schaubilde zu eliminieren.

Dies geschieht in der Art, daß man (siehe Fig. 10) aus dem Endpunkte der Kraftordinate (c) zur Anfangslinie des Schaubildes eine Parallele zieht (ce ∥ ao); dann stellt ed die elastische und oe die bleibende Einbiegung dar.

Die Momente der äußeren Kräfte.

Die Momente der äußeren Kräfte-Komponenten sind nach Fig. 11

$$\mathfrak{M}_{\ddot{a}} = \frac{Q'_1 L}{2} + H' z' \qquad 22.$$

Der Wert von H' ergibt sich aus Fig. 4, in der der Winkel, den der gerade Teil mit der Originalrichtung einschließt, mit φ_1 und der Reibungswinkel mit $\varphi_0 = 18^0$ bezeichnet ist: darnach ist

$$H' = Q' \operatorname{tg} (\varphi_1 - \varphi_0) \qquad 23.$$

Digitized by Google

Da aber bei meinen Versuchen der gefährliche Querschnitt in gleicher Entfernung von beiden Unterlagen war, so ist $Q' = Q''$ und ist $Q' = \frac{Q_1}{2}$ weiterhin $H' = H''$; dies in Formel 23 eingesetzt und den Wert der Tangente der Winkeldifferenz durch die Tangenten einfacher Winkel ausgedrückt, ergibt:

$$H' = \frac{Q_1}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_0}{1 + \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_0} \qquad 23a).$$

Der Wert von z' kann nach Fig. 11 wie folgt ausgedrückt werden:

$$z' = s - \delta_p$$

bezw. wenn darin δ_p aus Formel 5a) substituiert wird:

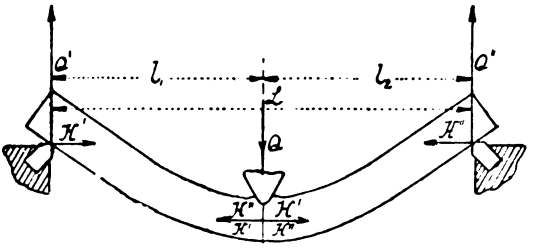


Fig. 11.

$$z' = s - \delta \frac{\operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg} \beta} \qquad 24.$$

Aus Formel 23a) und 24 ergibt sich weiter:

$$H' z' = \frac{Q_1}{2} \left(s - \delta \frac{\operatorname{tg} \beta_1}{t + \operatorname{tg} \beta_1} \cdot\right) \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_0}{1 + \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_0} \qquad 25.$$

Wird die Formel 25 mit Formel 22 verbunden und die Glieder geordnet, erhält man die Formel der Momente der äußeren Kraft:

$$\mathfrak{M}_{\ddot{a}} = \frac{Q_1 L}{4} \cdot B \qquad 22b).$$

worin

$$B = 1 + 2 \left(\frac{s}{L} - \frac{\delta}{L} \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta_1}{1 + \operatorname{tg} \beta_1} \right) \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_0}{1 + \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_0} \qquad 26.$$

bedeutet. Da aber laut Formel 2 $\mathfrak{M}_{\ddot{a}} = \mathfrak{M}_i$ ist, so ergibt sich aus Formel 22b) und 16a) für Bleche als Formel der Biegekraft:

Digitized by Google

$$Q_1 = \frac{b \cdot \delta^2}{L} \cdot p_1 \left\{ 4 \ (0{\cdot}4 + 0{\cdot}1 \ \frac{p_a}{p_1}) \ \frac{\operatorname{tg} \beta_1}{1 + \operatorname{tg} \beta_1} \cdot \frac{1}{B} \right\}, \quad 27\,a).$$

oder

$$Q_1 = \frac{b \cdot \delta^2}{L} \ p_1 \ A_1 \qquad 27\,c).$$

und aus Formel 22b) und 16b) als Biegekraft für Stäbe:

$$Q_1 = \frac{b \cdot \delta^2}{L} \cdot p_1 \left\{ 4 \left[(0{\cdot}4 + 0{\cdot}1 \ \frac{p_a}{p_1}) \ (\operatorname{tg} \beta_1 + \frac{1}{G}) - \right.\right.$$

$$\left.\left. (0{\cdot}143 + 0{\cdot}023 \ \frac{p_a}{p_1}) \ \lambda_1 \times (\operatorname{tg} \beta_1 - \frac{\operatorname{cotg} \beta_1}{G}) \right] \frac{1}{B} \right\}, \quad 27\,b).$$

oder

$$Q_1 = \frac{b \cdot \delta^2}{L} \ p_1 \ A_2 \qquad 27\,d).$$

Hiemit haben wir unsere Aufgabe gelöst, denn die Formeln 27a) und 27b) sind die gesuchten Formeln, in denen die Biegekraft und deren Weg, abgesehen von den Maßen des Versuchskörpers, als Funktion der charakteristischen Eigenschaften, d. i. der jeweiligen Spannung, der gleichmäßigen Dehnung und des Gleitungswinkels dargestellt ist. Es ist zu bemerken, daß dieser Wert der Biegekraft (Q_1), zufolge der angewandten Annäheruugs-Formel (11 d), eine Korrektion erfordert. Zu diesem Zwecke berechne man mit Hilfe (23 a) den Wert von H' und wende zur neueren Berechnung die Formel (11 c) an. Diese Korrektion kann jedoch in den meisten Fällen vernachlässigt werden, weil die Änderung der Werte von Q_1 unter 1% bleibt. In den nachfolgenden Versuchs-Beweisen wurde die Korrektion vernachlässigt.

Versuchs-Beweise.

Um Beweise liefern zu können, daß die abgeleiteten Formeln den inneren Vorgängen genau entsprechen, habe ich mit acht verschiedenen Materialien Versuche durchgeführt, u. zw. mit Nr. 251, weiches Eisenmaterial für dünne Bleche; mit Nr. 252, Nr. 264 und Nr. 265, mittelharte Eisensorten für Brücken- und Kesselbleche; mit Nr. 263, Federstahl; Nr. 257, Kupfer; Nr. 255, schmiedbares Messing und mit Nr. 258, Kanonenbronze.

Die hier mitgeteilten Nummern sind die laufenden Protokoll-Nummern der Versuchsmaterialien, die ich in den beigegebenen Schaubildern anstatt der Materialbenennung verwende.

Digitized by Google

Da zur Berechnung die Werte der charakteristischen Eigenschaften nötig sind und da diese sämtlich in den Schaubildern der Zug- und Druckspannungen enthalten sind, so gebe ich auch diese Spannungsschaubilder wieder.

Die in den Tafeln I, II, III mitgeteilten Biegungsschaubilder sind derart gezeichnet, daß die Abszissen der Versuchs- und der rechnerischen Schaubilder sich decken, und jene Kurven, die die Endpunkte der Ordinaten verbinden, in den Versuchsschaubildern mit vollen, in den rechnerischen mit punktierten Linien dargestellt sind.

Jedes Schaubild besitzt die früher erwähnte Protokoll-Nummer und außerdem sind die Spannungsschaubilder mit (A), die Biegungsschaubilder der Bleche mit (C) und die der Stäbe mit (D) bezeichnet. Der Maßstab der Ordinaten und Abszissen ist an jedem Schaubilde angedeutet.

Aus den Biegungsschaubildern (C) und (D) ist ersichtlich, daß der Charakter der rechnerischen Schaubilder gleich dem der Versuchsschaubilder ist, daß die rechnerischen Werte bei einem Material etwas größer, bei einem anderen etwas geringer sind als die Versuchswerte, und daß bei einem Material die berechneten Werte der Bleche, bei anderen die der Stäbe größer sind. Daraus folgt, daß die Differenz nicht der Formel, sondern nur der Unhomogenität des Materials zuzuschreiben ist.

Ich will noch bemerken, daß die in Formel 27c) und 27b) mit A_1 und A_2 bezeichneten Glieder nahezu folgende Werte haben[1]): $A_1 = 0{\cdot}9$ und $A_2 = 0{\cdot}88$. Man kann daher, sofern nur Näherungswerte gewünscht werden, folgende Formel benützen: für Stäbe:

$$Q_1 = 0{\cdot}9 \frac{b \cdot \delta^2}{L} \cdot p_1,$$

und für Bleche:

$$Q_1 = 0{\cdot}88 \frac{b\,\delta^2}{L} \cdot p_1.$$

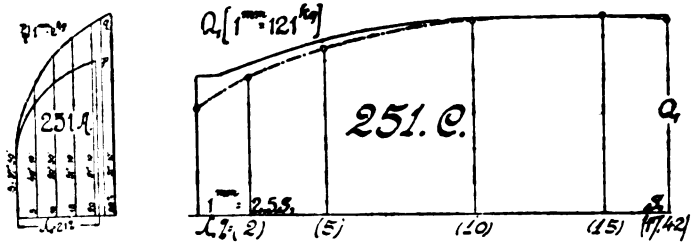
Wenn man diese Näherungsformeln durch das Maß des Widerstandsmoments ausdrücken will, so ergibt sich, daß

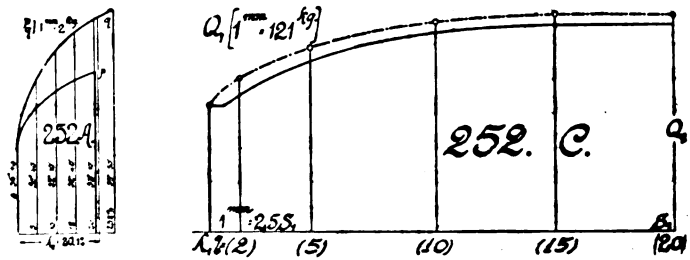
$$\frac{Q_1 L}{4} = W \cdot p_1 \quad (1{\cdot}3 \sim 1{\cdot}35) \quad \text{ist.}$$

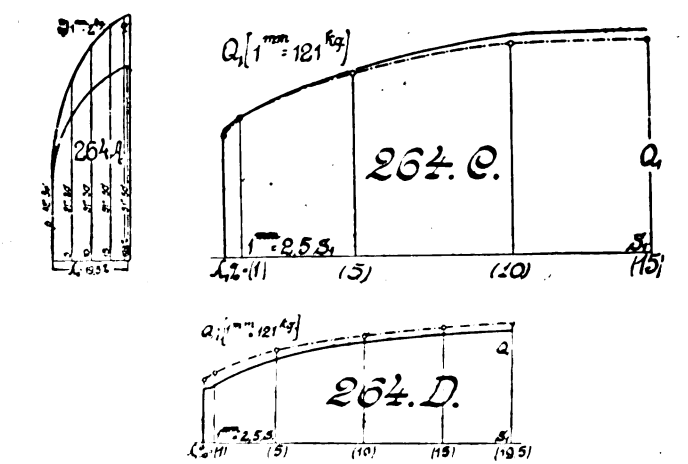
[1]) Siehe die mitgeteilten Tabellen aus „Magyar Mérnök- és Épitész-Egylet Közlönye", 1912., II. füz. (der „Zeitschrift des Ungarischen Ingenieur- und Architekten-Vereines").

Digitized by Google

TAFEL I.

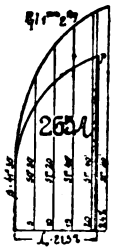


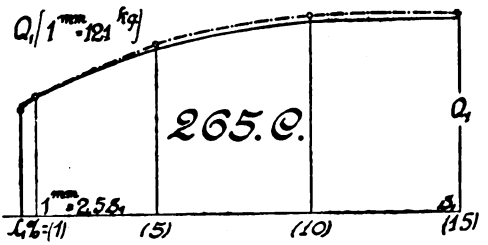


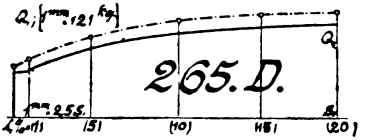


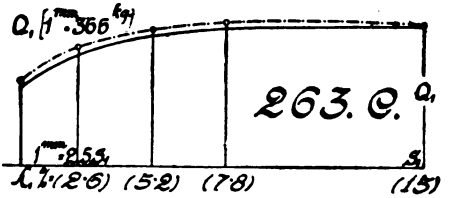
Digitized by Google

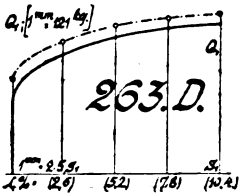
TAFEL II.

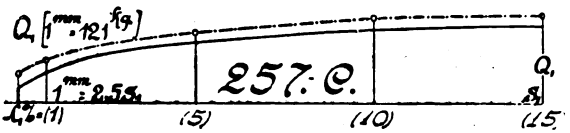


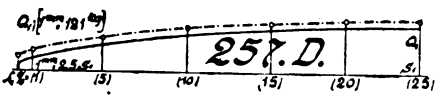






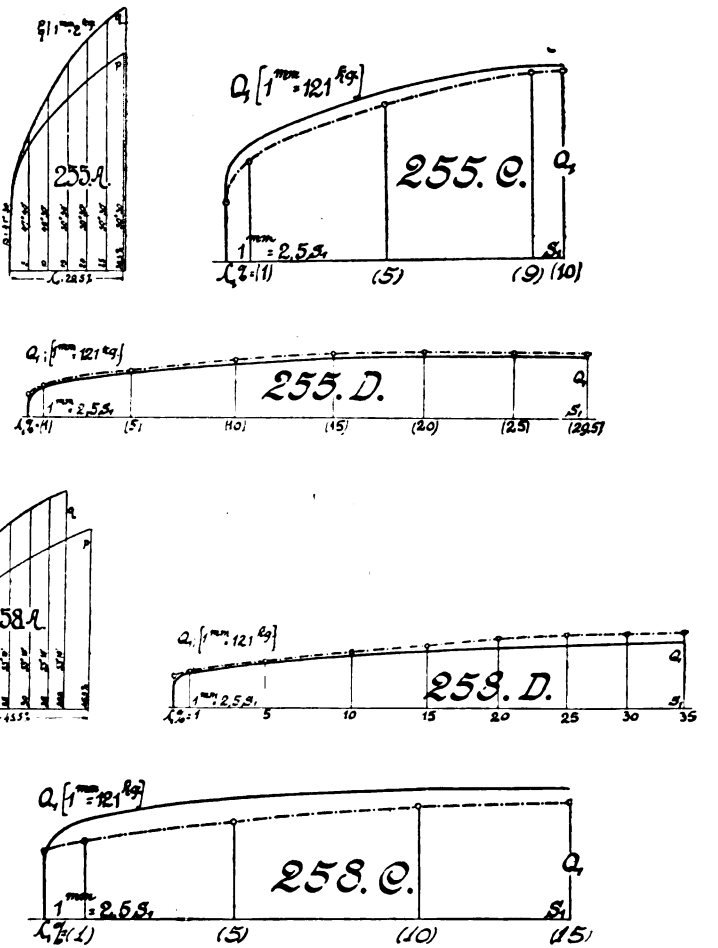






Digitized by Google

TAFEL III.



Ergebnis.

Der Verfasser ist der Ansicht, daß jede Art Widerstandsfähigkeit der zähen Materialien eine Funktion ihrer charakteristischen Eigenschaften ist und bringt experimentelle Beweise dafür, daß die spezifische Widerstandsfähigkeit zäher Materialien auch beim Biegen eine Funktion der charakteristischen Eigenschaften, d. h. der Spannung, der gleichmäßigen Dehnung und des Gleitungswinkels ist.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXVIII3

DER UNTERSCHIED ZWISCHEN DER ZÄHEN UND BILDSAMEN FORMÄNDERUNG.

Von Dr. Ing. **Wilhelm Misángyi**, Budapest,

Ingenieur der kön. ungar. Staatsbahnen.

Erleidet ein formbares Material durch eine langsam wirkende äußere Kraft eine bleibende Formänderung, so können die hiebei auftretenden Erscheinungen in zwei Gruppen eingereiht werden, je nach dem das Material zähe oder bildsam war.

I. Formänderung zäher Materialien.

Die Merkmale der Formänderung zäher Materialien sind folgende:

1. Die Gleichmäßigkeit der Formänderung.

Bei Zugversuchen erleidet ein zylindrischer Probestab in seiner ganzen Nutzlänge, bis zu einer gewissen Grenze, eine gleichmäßige, bleibende Formänderung. Die Gleichmäßigkeit dieser bleibenden Formänderung habe ich im Berichte VIII. 12 auf dem Kongresse zu Kopenhagen im Jahre 1909 näher beleuchtet. Jetzt sei daraus nur das eine hervorgehoben, daß der Probestab genau bearbeitet werden muß.

2. Die Vergrößerung der aktuellen Spannung und der Elastizitätsgrenze.

Während des kontinuierlich durchgeführten Zugversuches wächst die äußere Kraft, trotzdem der Stab Querschnittsverminderung erleidet; daraus folgt, daß die innere, auf den jeweiligen Querschnitt bezogene, sogenannte aktuelle Spannung wächst.

Digitized by Google

Wenn die Zugbeanspruchung unterbrochen und nach Entlastung der Stab neuerdings beansprucht wird, erleidet dieser erst dann eine weitere Formänderung, wenn die aktuelle Spannung den früheren Wert überschreitet, woraus folgt, daß bei zähen Materialien die Elastizitätsgrenze ebenso wächst, wie die aktuelle Spannung.

Sowohl die Spannung, als auch die Elastizitätsgrenze wächst um so mehr, je größer die erlittene gleichmäßige bleibende Formänderung ist.

Bei Zugversuchen erreicht aber die Zugkraft ihr Maximum, sobald das Wachsen der Spannung der Verminderung des Querschnittes gleichwertig wird.

Von dieser Periode an ist der Probestab nicht mehr gleichmäßig beansprucht; er erleidet lokale Formänderung. Deshalb muß man vom Standpunkt der Zugbeanspruchung die zähe Formänderung als beendet betrachten, wenn die äußere Kraft ihr Maximum erreicht.

Die Dehnung, die der Stab während dieser Periode erlitt, ist die maximale gleichmäßige Zugdehnung und die Spannung die maximale aktuelle Zugspannung.

3. Die Streckung der Materialkörner.

In der Periode der gleichmäßigen bleibenden Formänderung strecken sich die Körner in der Richtung der bleibenden Maßvergrößerung. Als Maß dieser Streckung betrachten Heyn und Bauer den Streckungsgrad und Rejtő die gleichmäßige Dehnung.[1])

4. Die Veränderlichkeit der Formbarkeit.

Jede Formänderung, die innerhalb der Grenze der maximalen gleichmäßigen Dehnung durchgeführt wird, vergrößert, wie früher gesagt, die Elastizitätsgrenze und vermindert die noch ausnützbare gleichmäßige Dehnung; es vermindert sich also die noch ausnütz-

[1]) Siehe von A. Rejtő: „Rationelle Durchführung der Materialprüfung auf Grund des Gesetzes der Kraftvermittlung und der inneren Reibung". Internat. Kongreß, Paris, 1900; weiters: E. Heyn: „Die Umwandlung des Kleingefüges bei Eisen und Kupfer durch Formänderung im kalten Zustande und darauffolgendes Ausglühen". Z. d. V. deutscher Ingenieure, 1900; dann: E. Heyn und O. Bauer: „Metallographie", Leipzig, 1909; endlich vom Berichterstatter „Zähigkeit und Bildsamkeit". Internationaler Kongreß zu Kopenhagen, 1909.

Digitized by Google

bare Formbarkeit, doch kann dieselbe durch thermische Behandlung dem Materiale zurückgegeben werden.

Diese Formbarkeit kann vom Materiale auch durch wiederholte Beanspruchungen entnommen werden, wenngleich die äußere Kraft konstant bleibt und die Spannung die anfängliche Elastizitätsgrenze nicht überschreitet.[1])

5. Die charakteristischen Daten.

Um diese Formbarkeit — die Prof. Rejtő Zähigkeit nennt — vernichten zu können, ist eine gewisse äußere Arbeit notwendig, die um so größer sein muß, je größer die gleichmäßige Dehnung und je höher der Wert der geänderten Elastizitätsgrenze, bzw. der aktuellen Spannung ist.

Zur Charakterisierung der Zähigkeit verwendet Prof. Rejtő ein Schaubild, welches die gleichmäßige Dehnung mit der entsprechenden aktuellen Spannung darstellt und dessen Flächengröße in mkg ausgedrückt, den Zahlenwert der Zähigkeit ergibt.

Da bei Zug die Änderung der Spannung nur bis zum Eintritt der maximalen äußeren Kraft in Betracht gezogen werden kann, so erhält das Schaubild der Zugspannungen eine parabolische Form, deren Grenzwerte die anfängliche Elastizitätsgrenze, die maximale aktuelle Zugspannung und die maximale gleichmäßige Zugdehnung sind.

Bei Druckbeanspruchung entsteht eine gleichmäßige Formänderung so lange, als die aktuelle Druckspannung wächst. Wenn man die Druckspannungen als Ordinate und die perzentuelle Maßvergrößerung des Durchmessers als Abszisse aufträgt, erhält man das Druckspannungs-Schaubild, das eine elliptische Form besitzt. Die Grenzwerte dieses Schaubildes sind die anfängliche, dann die maximale aktuelle Druckspannung und die maximale zähe Dehnung.

II. Formänderung bildsamer Materialien.

Die Merkmale der Formänderung bildsamer Materialien sind folgende:

1. Die Ungleichheit der bildsamen Formänderung.

Bildsame Materialien erleiden bei Zugbeanspruchung nur an einzelnen Stellen Querschnittsveränderungen; es ist daher der Stab nicht gleichartig beansprucht.

[1]) Siehe A. Retjö: „La fatigue des Métaux“ in „La Technique Moderne.“ 1910.

Digitized by Google

Bei Druckbeanspruchung, wenn das Versuchsstück nicht zu kurz ist, erleiden die zu den Druckflächen näher liegenden Teile eine größere Formänderung. Bei entsprechender Wahl der Dimensionen kann man aber bildsame Materialien mittelst Druck gleichförmig deformieren.

2. Die Beständigkeit der Elastizitätsgrenze bildsamer Materialien.

Die eventuelle Änderung der Elastizitätsgrenze kann man nur mit Hilfe der Druckbeanspruchung berechnen; hiezu sind zylindrische Probekörper zu verwenden, deren anfängliche Höhe die zweieinhalb- bis zweifache des Durchmessers ist, und sind diese höchstens so weit zusammenzudrücken, daß die geänderte Höhe wenigstens gleich dem geänderten Durchmesser ist.

Die Experimente ergeben, daß die aktuelle Druckspannung, sowie auch die Elastizitätsgrenze, ihren Wert beständig beibehält.

3. Die Verfeinerung der Materialkörner.

Bei der zähen Formänderung erleiden die Körner nur Streckung, sobald aber die Grenze der Zähigkeit überschritten wird, teilen sie sich in kleinere Körner.

Dieser Fall kommt besonders dann vor, wenn das Material durch Druckversuch oder durch kaltes Hämmern bleibende Formänderungen in großem Maße erleidet.[1])

4. Die bildsame Formbarkeit kann nicht vernichtet werden.

Bildsame Materialien weisen gegenüber den zähen noch den wesentlichen Unterschied auf, daß ihre Formbarkeit durch Kaltbearbeitung nicht verringert, folglich auch nicht vernichtet werden kann.

Der Grund dieser Erscheinung liegt darin, daß hier die Elastizitätsgrenze konstant ist, und daß diese Formbarkeit ihren Grund darin besitzt, daß die Kohäsion der Körner größer ist, als die maximale aktuelle Spannung.

5. Die charakteristischen Daten.

Die Deformation bildsamer Materialien ist — wenn die zylindrische Form eines Probestabes, durch zeitweiliges Abdrehen, beibehalten wird, — eine unbeschränkte; sobald aber die Form

[1]) Siehe: „Metallographie" von E. Heyn und O. Bauer.

Digitized by Google

des Probekörpers unregelmäßig wird, erleiden einzelne Teilchen gegen das Gleiten eine Hemmung, und sobald diese mit der Spannung den Wert der Kohäsion der Körner erreicht, tritt Bruch ein.

Es ist also zur Charakterisierung der Bildsamkeit außer jenen Daten, die schon aus dem Schaubilde der Zähigkeit entnommen werden können (maximale Spannungen), auch der Wert der Kohäsion der Körner nötig.

Schlußfolgerung.

Da die Zähigkeit und Bildsamkeit so grundverschiedener Natur sind, und da die Widerstandsfähigkeit des Materials mit Hilfe der charakteristischen Daten der Zähigkeit und Bildsamkeit berechnet werden kann, so wäre es von großem praktischen Wert, wenn man zur Beurteilung der Materialeigenschaften auch die Zähigkeit und Bildsamkeit im Sinne Rejtős in Betracht ziehen würde.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXVIII4

DIE SPANNUNGSVERTEILUNG IM KLEINSTEN QUERSCHNITT EINES ZUGPROBEKÖRPERS AUS ZEMENT.

Von **E. G. Coker,** M. A., D. Sc. Professor of Mechanical Engineering in the City & Guilds of London Technical College.

(Übersetzt von Th. Scharff, Hamburg.)

Die Wichtigkeit von Verfahren zur Prüfung der Festigkeit und anderer Eigenschaften des Zements nach festen Regeln ist überall da anerkannt worden, wo dies Material in größeren Mengen Verwendung findet, und für die Hauptstaaten der Welt sind sorgfältig ausgearbeitete Lieferbedingungen aufgestellt worden, welche in einigen Fällen Regierungsvorschriften sind, in andern Fällen von den hauptsächlich an der Verwendung des Materials interessierten Fachkörperschaften angenommen worden sind. Im allgemeinen genießt daher ein genau festgelegtes Verfahren das Ansehen einer behördlichen Vorschrift und wird als die vorschriftsmäßige Art und Weise der Prüfung des Materials angesehen. Bei einem Vergleich der in den verschiedenen Ländern gebräuchlichen Lieferbedingungen ist es kaum überraschend, daß infolge mangelnder Übereinstimmung in den vorgeschriebenen Längen und sonstigen Maßen, sowie aus anderen Gründen, Unterschiede bestehen. Hiervon sind vielleicht einzelne unvermeidlich, während andere sich leicht für alle Länder ausgleichen ließen, wenn man zu einem Einvernehmen gelangen könnte. Infolge der auftretenden Unterschiede in den Normen ist es außerordentlich schwer, wenn nicht unmöglich, einen wirklichen Vergleich von Zementprüfungen nach verschiedenen Lieferbedingungen vorzunehmen. Dies macht

Digitized by Google

sich für den Handel zuweilen als Hindernis geltend und ist daher eine Frage von handelswirtschaftlicher Bedeutung. Diese Unterschiede treten im Falle von Zugversuchen besonders hervor und sind hauptsächlich auf den Unterschied in den Formen der bei der Prüfung gebräuchlichen Probekörper und Klauenvorrichtungen zurückzuführen. Die Formen der in Amerika, England und auf dem europäischen Kontinent verwendeten Zugprobekörper zeigen, daß die Ansichten der Fachleute über die beste Form weit davon entfernt sind, einheitlich zu sein und es scheinen sehr wenig Grundlagen zu bestehen, die einen wirklichen Vergleich über den Einfluß der Form auf die Festigkeit des Probekörpers ermöglichen würden.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß die bei einer Zementprüfung sich ergebenden Zugfestigkeitswerte in beträchtlichem Grade von der Gestalt des Versuchsstückes abhängen, und dies läßt sich augenscheinlich auf die fehlende Gleichmäßigkeit in der Spannungsverteilung über den kleinsten Querschnitt zurückführen. Einige Versuche, diese Ungleichmäßigkeit experimentell nachzuweisen, sind bekanntlich von Föppl[1]) angestellt worden, der die Spannungen an einem Modell aus Gummi gemessen hat, während Durand Claye[2]) den Weg zur näherungsweisen Berechnung der Verschiedenheit der Inanspruchnahme innerhalb des kleinsten Querschnitts angegeben hat.

Ein optisches Verfahren, die Spannungsverteilung in einem Zugkörpermodell nachzuweisen, scheint vom versuchstechnischen Standpunkte aus gewisse Vorteile in der Behandlung dieser Aufgabe zu bieten. Seit der Verfasser die Einladung erhielt, für den Kongreß einen Beitrag zu liefern, sind einzelne Versuche durchgeführt worden, die zur Erklärung des jetzt eingeschlagenen Untersuchungsverfahrens genügen. Bekanntlich zeigen sich viele durchsichtige Körper, wie Glas und Zelluloid, nachdem sie in einen Spannungszustand versetzt sind, vorübergehend doppelbrechend. Ein durch das Material hindurchgeschickter polarisierter Lichtstrahl wird in zwei Strahlenkomponenten zerlegt, die sich mit ungleicher Geschwindigkeit im Material fortpflanzen und daher bei ihrem Austritt eine Phasendifferenz besitzen, die von der Spannungs-

[1]) A. Föppl: Vorlesungen über Technische Mechanik, Bd. III, S. 9.
[2]) Annales des Ponts et Chaussés, Tome 9, Serie 7, 1895.

Digitized by Google

intensität abhängt. Diese Phasendifferenz läßt sich auf verschiedene Weise bestimmen und so kann ein Maßstab für die Spannung an verschiedenen Punkten im Körper gewonnen werden.

Die Eigenschaften des Zements in bezug auf sein elastisches Verhalten unterscheiden sich zweifellos erheblich von denen des Glases oder anderer durchsichtiger Stoffe und die durch ein optisches Verfahren gewonnenen Ergebnisse mögen daher nicht denselben Wert besitzen wie direkte Messungen am Zement selbst.

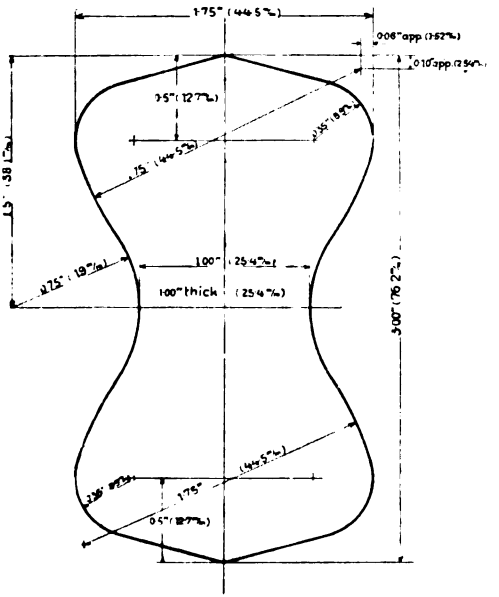


Fig. 1.

Aber eine Bestimmung der Spannungsverteilung in einem Zugprobekörper aus Zement oder Sand und Zement auf dem Wege des Versuchs bietet sehr große, wenn nicht unüberwindliche Schwierigkeiten, während ein optisches Verfahren leicht anzuwenden ist und auch ein einfaches Mittel zur Vergleichung verschiedener Formen an die Hand gibt. Es ist wahrscheinlich, daß die Spannungsverteilung in einem Zementprobekörper etwas von derjenigen eines aus Glas oder einem andern durchsichtigen Stoff hergestellten Modells abweicht, immerhin ist aber eine vergleichende Untersuchung verschiedener Modelle von Wert, da sie eine allgemeine Vor-

Digitized by Google

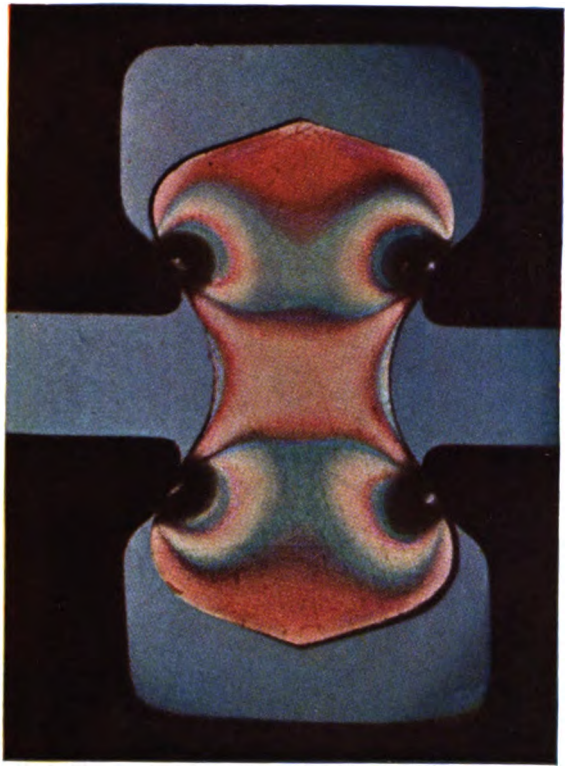
stellung von der Spannungsverteilung gibt und einen Vergleich über die Änderung der Spannung in den kleinsten Querschnitten bei verschiedenen Formen ermöglicht.

Es könnte eingewendet werden, daß kein durchsichtiger Stoff dasselbe Verhältnis der Zugfestigkeit zur Druckfestigkeit besitzt wie Zement, aber dieser Einwand verschwindet zum großen Teil, wenn die Versuchsausführung auf den Spannungsbereich beschränkt wird, in welchem bleibende Formänderungen nicht auftreten.

Zur Erläuterung des Verfahrens der optischen Untersuchung kann man irgend eine der bekannten Formen, etwa die in den englischen Normen festgesetzte und durch Fig. 1 im Umriß dargestellte nehmen und danach ein Modell aus durchsichtigem Stoff zur Verwendung für den Versuch in einem Maßstab bilden, der sich für die zur Verfügung stehenden optischen Instrumente eignet. Wenn dieses Modell zwischen Klauen von der vorgeschriebenen Form gebracht und in einer Zugfestigkeitsmaschine einer Belastung ausgesetzt wird, wird es doppelbrechend werden und, im polarisierten Licht gesehen, auf Grund der genannten Eigenschaft die bekannten Farbenerscheinungen zeigen. Ein solches in einen Spannungszustand versetztes Probestück ist in der nebenstehenden Fig. 2 abgebildet, die die Wiedergabe einer Photographie in natürlichen Farben eines Zugkörpers darstellt, der aus einer Zelluloidplatte herausgeschnitten und in der üblichen Weise gespannt wurde. Die Spannung ist hier dem Auge sichtbar gemacht in Form eines Systems färbiger Bänder, die die Spannungsintensität andeuten, und ihre Verteilung auf der Probe zeigt im allgemeinen die Art und Weise, in welcher die Spannung wechselt. An den Stellen des Kraftangriffes z. B. zeigen die zahlreichen färbigen Bänder sehr deutlich, wie hoch die Spannungen in der Nähe dieser Punkte sind und wie rasch eine Änderung in der Nähe dieser Punkte eintritt. Dieselbe Wirkung, wenn auch in viel geringerem Grade, ist an der Einschnürung des Versuchsstücks sichtbar, besonders an den Rändern des kleinsten Querschnitts, wo die färbigen Bänder eine beträchtliche Zunahme der Spannung an diesen Stellen anzeigen.

Es läßt sich zeigen, daß diese Farbenerscheinungen dem Unterschied der Hauptspannungen an dieser Stelle proportional sind. Daher ist die optische Wirkung der Schubbeanspruchung im Material direkt proportional.

Digitized by Google



E. G. COKER.

DIE SPANNUNGSVERTEILUNG IM KLEINSTEN QUERSCHNITT EINES ZUGPROBEKÖRPERS AUS ZEMENT.

Digitized by Google

Digitized by Google

Es ist zu beachten, daß die Farbenerscheinungen das Auge nicht instand setzen, Druckspannungen von Zugspannungen zu unterscheiden, aber dies kann, wie von Hönigsberg und Dimmer[1]) gezeigt worden ist, durch Einschalten eines Dreiviertelwellenplättchens aus Gips oder dergleichen in das Gesichtsfeld erreicht

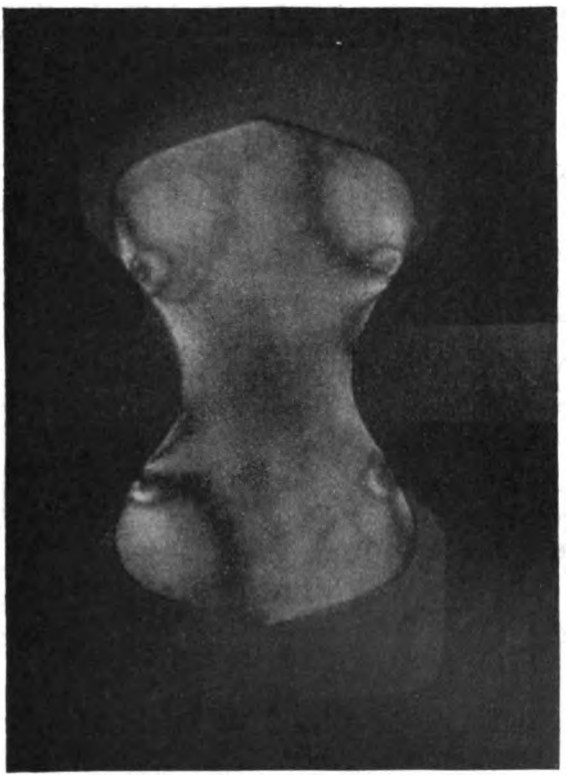


Fig. 3.

werden. Der Erfolg ist der, daß die gedrückten Teile in rötlicher Färbung erscheinen, während die gezogenen Teile einen bläulichen Ton annehmen. Zum Zwecke der Messung der Spannungsintensität ist es im allgemeinen am zweckdienlichsten, einen zweiten einfachen Zug- oder Druckprobekörper in der Richtung einer der Hauptspannungen anzubringen und dies zweite Probestück einer

[1]) Brüsseler Kongreß des Internationalen Verbandes, 1906.

Digitized by Google

Belastung zu unterwerfen, bis das Gesichtsfeld sich verdunkelt. Die dann aufgebrachte Belastung mißt die Differenz der Hauptspannungen im Material an der beobachteten Stelle. In vielen Fällen kann man die Richtungen der in irgend einem Körperelement auftretenden Hauptspannungen rechnerisch ermitteln und so die Achslage des Meßprobestücks bestimmen. Wo keine theoretischen Unterlagen vorhanden sind, kann man doch die Richtungen der Hauptspannungen festlegen, wenn man von den optischen Eigen-

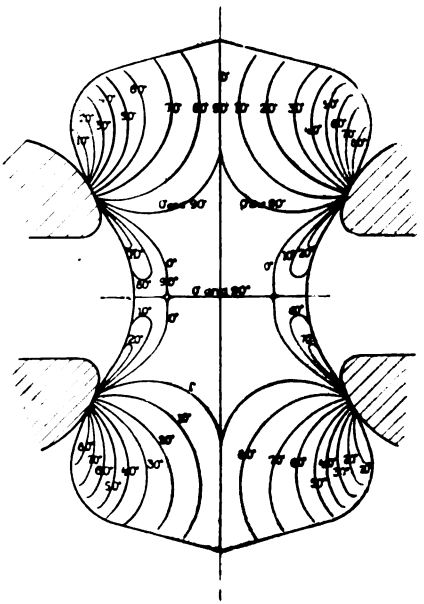


Fig. 4.

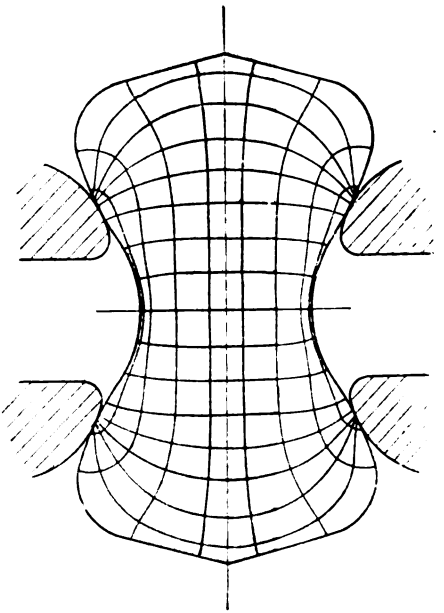


Fig. 5.

schaften der polarisierenden und analysierenden Prismen Gebrauch macht, die nur die Lichtstrahlen durchlassen, deren Schwingungsrichtung mit ihrer eigenen Polarisationsebene zusammenfällt. Wenn man den Polarisator und den Analysator des Polarisationsapparates in der üblichen Weise in eine solche Stellung bringt, daß ihre Polarisationsebenen sich rechtwinklig kreuzen, so werden alle Strahlen, deren Schwingungsebene mit einer dieser Richtungen zusammenfällt, ausgelöscht. Da nun an beliebiger Stelle des Probestücks die gebrochenen Strahlen in Richtung der Hauptspannungen polarisiert werden, kann man die Richtung der letzteren durch

Digitized by Google

Beobachtung der Lage der dunklen Farbenringe erhalten, wenn die Probe im Gesichtsfeld gedreht wird. Das optische Bild eines Probekörpers in einer solchen Stellung wird durch Fig. 3 wiedergegeben, in der alle Lagen der Hauptspannungen mit Neigungen von bezw. 20° und 110° durch die dunklen Bänder gekennzeichnet sind, die auf der Photographie erscheinen. Eine Darstellung von Mittellinien der ganzen Reihe solcher schwarzen Bänder wird auf der nebenstehenden Fig. 4 gezeigt mit Angabe

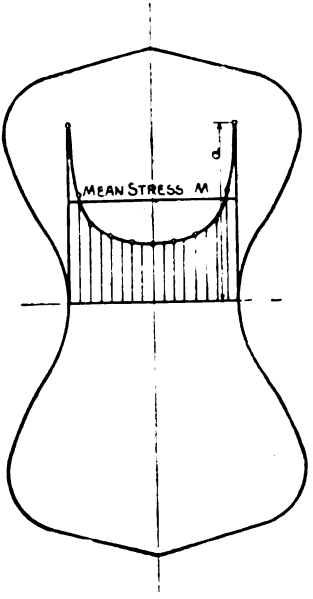


Fig. 6.
Mean Stress = Hauptspannung.

der Winkellage des Probestücks in Bezug auf die Ebenen der polarisierenden Prismen. Zieht man jetzt Kurven, welche die Linien gleichen Neigungswinkels unter den angegebenen Winkeln schneiden, so erhält man die Linien der Hauptspannung und Fig. 5 zeigt eine Reihe von Trajektorien, die auf diese Weise erzeugt sind und das Probestück überziehen. Die Stellung des Meßprobestücks ist daher für jeden beliebigen Punkt bestimmt und der Unterschied der Hauptspannungen kann unmittelbar erhalten werden. Im allgemeinen kann man die Hauptspannungen nur gesondert ermitteln aus dem Verhältnis

Digitized by Google

zwischen Schubspannung und Normalspannung. Dies bringt in der Regel viel Arbeit mit sich, für den kleinsten Querschnitt eines Probekörpers ist es aber von besonderem Interesse festzustellen, daß die größte Spannungsdifferenz am Rande auftritt, wo die Radialspannung verschwindet, sodaß man die größte Zuginanspruchnahme unmittelbar bestimmen und mit der gleichmäßig über den Querschnitt verteilten mittleren Spannung vergleichen kann. Für die der Betrachtung zu Grunde liegende Probeform sind die auf dem Wege des Versuchs erhaltenen Werte in Fig. 6 dargestellt. Es ergibt sich ein Verhältnis der größten zur mittleren Spannung M von ungefähr 1·76.

In ähnlicher Weise zeigt die amerikanische Probeform für dieses Verhältnis den Wert 1·69, die auf dem Kontinent eingeführte Probeform gibt 1·93. Diese rohen Messungen lassen den Mangel an Gleichförmigkeit in der Spannungsverteilung über den kleinsten Querschnitt erkennen. Sie zeigen alle, ein wie wichtiger Faktor die Form des Probekörpers bedeutet. Versuche in größerem Maßstabe würden voraussichtlich genauere Werte ergeben, die vorliegenden Ergebnisse kennzeichnen nur in erster Annäherung den vermuteten Mangel an Übereinstimmung hinsichtlich der Spannungsverteilung in den kleinsten Querschnitten der zur Zeit gebräuchlichen Normenkörper. Sie zeigen, weswegen der Vergleich von Versuchen mit Probekörpern, die den verschiedenen Liefervorschriften gemäß hergestellt sind, wahrscheinlich zu Irrtümern führt und beweisen, daß es äußerst wünschenswert ist, für alle Probekörper das gleiche Verhältnis der größten zur mittleren Spannung zu haben. Ob es wünschenswert oder möglich ist, dies Verhältnis übereinstimmend zu machen, ließe sich zweifellos erst durch Versuche herausbringen, es genügt hier aber zu zeigen, daß optische Spannungsmessungen an Modellen wie im vorliegenden Beispiel ein äußerst nützliches Mittel an die Hand geben, um über Spannungsverteilungen einen Aufschluß zu erlangen, der auf andere Weise oft nur unter den größten Schwierigkeiten, vielleicht überhaupt nicht gewonnen werden kann.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXVIII 5

ÜBER DIE ANWENDUNG DER KÜNSTLICHEN DOPPELBRECHUNG DES GLASES ZUR ERFORSCHUNG DER INNEREN SPANNUNGEN IN FESTEN KÖRPERN.

Von Prof. **A. Mesnager**, Paris.

(Übersetzt von Dr. Ing. H. Marcus, Berlin.)

Beim Budapester Kongreß im Jahre 1911 habe ich auf die Möglichkeit, die künstliche Doppelbrechung des Glases zur Erforschung der inneren Spannungsverteilung in festen Körpern anzuwenden, hingewiesen. Seit langem ist diese Tatsache bekannt: sie wurde in den Jahren 1815 und 1816 von Brewster in den „Philosophical Transactions" erwähnt. Dieser Forscher hatte mit Hilfe einer gebogenen Platte festgestellt, daß die Gangunterschiede den Spannungen proportional sind. 1851 wurden die Messungen von Wertheim fortgesetzt (Annales de Chimie et de Physique). Carus Wilson schlug im „Philosophical Magazine", Jahrgang 1891, vor, die Doppelbrechung zur Untersuchung von Balken anzuwenden.

Eine solche Untersuchung würde kein allzu großes Interesse bieten, wenn die Verteilung der inneren Spannungen in jedem Körper verschieden wäre. Betrachten wir aber ebene Spannungszustände — es handele sich also um feste, durch zwei parallele Ebenen begrenzte Körper, auf welche nur zu diesen Ebenen parallele Kräfte wirken, und zwar derartig, daß alle den Seitenflächen parallele Schnitte in gleicher Weise beansprucht werden — und setzen wir ein isotropes, d. h. in allen Richtungen gleiche Eigenschaften aufweisendes Material voraus, so sind die inneren Spannungen vom Baustoff unabhängig.

Solche ebene Spannungszustände werden allen folgenden Entwicklungen zugrunde gelegt. Die zu untersuchenden Spannungen

Digitized by Google

sind diejenigen, welche in Schnitten senkrecht zur Kraftebene entstehen und zu dieser Ebene, wie es die Symmetrie erfordert, parallel gerichtet sind.

Es soll für irgendeinen Punkt die Spannung der Größe und der Richtung nach ermittelt werden, welche in jedem Schnitt, der durch diesen Punkt senkrecht zur Kraftebene geführt werden kann, entsteht. Seit Lamé ist folgendes bekannt:

1. Trägt man vom fraglichen Punkte aus diese Spannungen als Vektoren auf, so bilden sie eine Ellipse; nur die kleinste und größte Spannung, die sogenannten Hauptspannungen, sind senkrecht zu der Fläche, auf welche sie wirken, gerichtet.

2. Es genügt, die Hauptspannungen zu kennen, um alle anderen Spannungen zu ermitteln und den Neigungswinkel zwischen der jeweiligen Spannkraft und dem beanspruchten Flächenelement bestimmen zu können. Zu diesem Zwecke läßt sich beispielsweise die Mohrsche Konstruktion anwenden. Man hat also nur in jedem Punkt einerseits die Richtung und andererseits die Größe der Hauptspannungen festzustellen, um die Aufgabe vollständig zu lösen.

Legt man ferner zwischen ein polarisierendes Nicol und ein analysierendes Nicol, die um 90^0 gekreuzt sind, ein Glasblättchen, welches durch Kräfte in seiner Ebene beansprucht wird, und läßt man durch die beiden Nicols einen Lichtstrahl rechtwinkelig zum Blättchen fallen, so wird bekanntlich das Licht ausgelöscht, und zwar in allen Punkten, deren Hauptspannungen den Achsen der Nicols parallel gerichtet oder unter einander gleich sind.

Dreht man zugleich den Polarisator und den Analysator um 90^0, so begegnet man allen möglichen Richtungen der Hauptspannungen, und mithin kann man für alle Punkte des untersuchten Körpers der Reihe nach die Auslöschung bewirken und die Hauptrichtungen bestimmen.

Sind die Kräfte hinreichend groß, so werden auch Färbungen beobachtet, die den Unterschied zwischen den Hauptspannungen festzustellen gestatten. (Mit Hilfe von Kompensatoren kann dieser Unterschied noch genauer gemessen werden.) Schließlich läßt sich nötigenfalls auch die Summe der Hauptspannungen durch Messung der Formänderung der Glasplatte im fraglichen Punkt feststellen.

Das soeben beschriebene Verfahren benutzt nur geradlinig polarisiertes, oder kurz gesagt, gerades Licht.

Digitized by Google

Im Jahre 1906 hat Herr Hönisberg beim Brüsseler Kongreß in seiner Mitteilung „über die Abbildung der neutralen Achse mit Hilfe zirkularpolarisierten Lichtes“ auf die Zweckmäßigkeit der Anwendung der Zirkularpolarisation hingewiesen. Um letztere hervorzurufen, ordnet man bekanntlich neben dem Nicol ein auf einen Gangunterschied einer Viertelwellenlänge bemessenes Plättchen an, dessen Achse mit der Achse des Nicols einen Winkel von 45^0 bildet.

Um die Bilder nach dem Durchgange durch die Glasplatte zu beobachten, wird ein ähnlicher Apparat, durch welchen das Licht in entgegengesetzter Richtung dringt, benutzt. Das Bild, welches sich dann zeigt, ist in allen Punkten, in denen die zwei Hauptspannungen gleich sind, schwarz (wenn beide Hauptspannungen verschwinden, so gehören die Punkte zur Nullinie.) Die Färbung ist in allen Punkten, deren Hauptspannungen sich um den gleichen Betrag unterscheiden, gleich.

(Die Regulierung des Apparates bietet keine Schwierigkeiten. Zwischen den gekreuzten Nicols wird hinter dem Polarisator ein auf einen Gangunterschied einer Viertelwellenlänge bemessenes Plättchen angebracht und dasselbe gedreht, bis die größte Helligkeit entsteht. Sodann wird ein zweites, gleich starkes Plättchen vor dem Analysator eingeführt und derartig eingestellt, daß die volle Auslöschung erreicht wird.)

Zur Bestimmung der inneren Spannungen empfiehlt es sich, das zirkularpolarisierte Licht anzuwenden, wenn die geometrischen Orte der Punkte mit konstantem Unterschied der Hauptspannungen ermittelt werden sollen: durch die Photographie kann das Bild dieser Orte festgehalten werden. Hingegen ist das gerade Licht vorteilhaft, wenn man den Träger unter der Wirkung kleiner äußerer Kräfte untersuchen und nur schwarze (also nicht gefärbte) Linien erhalten will. Mit vier oder fünf photographischen Bildern wird man im allgemeinen imstande sein, die Richtung der Hauptspannungen festzustellen, und zwar in so vielen Punkten, daß die Bestimmung der Spannungstrajektorien, das heißt der Kurven, deren Tangenten in jedem Punkte die Richtung der Hauptspannungen angeben, möglich wird. Diese Trajektorien bilden zwei Scharen von Kurven, die sich in den Umgrenzungslinien des Trägers rechtwinkelig schneiden. Kennt man die Trajektorien, so hat man häufig die für die Untersuchung erforderliche Grundlage. In der Praxis wird

Digitized by Google

es gewöhnlich kaum nötig sein, die Summe der Hauptspannungen durch die Formänderung zu messen.

Insbesondere sind alle Spannungen längs der freien Umgrenzungsflächen der Träger bekannt. An der äußeren Oberfläche ist in der Tat, da keinerlei Kraft ausgeübt wird, kein Druck vorhanden. Die Normale zur Umgrenzungsfläche gibt die Richtung einer Hauptspannung, denn es treten keine tangentialen Kräfte auf, und zwar ist diese Hauptspannung gleich Null. Durch die Färbung wird die zweite, parallel zur freien Oberfläche gerichtete Hauptspannung gezeigt. Wenn die größten Spannungen, wie es häufig der Fall ist, längs der äußeren Oberfläche entstehen, so sind zugleich die gefährlichen Punkte und die in denselben herrschenden Spannungen bekannt.

Die Gleichgewichtsbedingungen für isostatische Elemente, das heißt für Flächenelemente, die durch Spannungstrajektorien begrenzt sind, lassen sich bekanntlich durch die folgenden Gleichungen darstellen:

$$\frac{\partial \nu_1}{\partial s_1} + \frac{\nu_1 - \nu_2}{r_1} = 0$$

$$\frac{\partial \nu_2}{\partial s_2} + \frac{\nu_2 - \nu_1}{r_2} = 0$$

Hierin bedeuten ν_1 und ν_2 die Hauptspannungen, s_1 und s_2 die auf den ν_1 und ν_2 tangierenden Trajektorien gemessenen Längen, r_1 und r_2 die vom Mittelpunkt im Richtungssinne von s_1 und s_2 gemessenen Krümmungsradien.

Wenn man sich also vom Mittelpunkt einer Spannungstrajektorie entfernt, so nimmt die zur Verschiebung parallele Hauptspannung, falls sie die größere ist, ab, und umgekehrt.

Es dürfte vielleicht interessant sein, längs einer isostatischen Röhre den Punkt, in welchem die maximale oder die minimale Spannung entsteht, zu suchen. Da die Variation in diesem Punkte gleich 0 ist, so ist $\frac{\partial \nu_1}{\partial s_1} = 0$: mithin muß auch $\frac{\nu_1 - \nu_2}{r_1} = 0$ werden. Es ist dann entweder $\nu_1 - \nu_2 = 0$, oder $r_1 = 0$; im ersteren Falle befindet man sich auf einer in zirkularpolarisiertem Licht schwarz erscheinenden Kurve (und es müssen in jeder der sich in diesem Punkte kreuzenden Röhren ein Maximum und ein Minimum ent-

Digitized by Google

stehen). Im zweiten Falle ist die Spannungstrajektorie, welche die Röhre senkrecht schneidet, geradlinig, oder weist mindestens im Schnittpunkt eine Wendung auf. Wenn alle senkrecht zur Röhre stehenden Spannungstrajektorien geradlinig sind, so ist die Spannung längs dieser Röhre konstant.

Entsprechend dem Vorschlage von Herrn Hönigsberg (IV. Kongreß des Intern. Verb. 1906, nichtoff. Ber. C_4) und des Herrn Coker (im Engineering 1911), habe ich versucht, zu diesen Forschungen Zelluloid zu verwenden. Trotz aller Sorgfalt war es mir nicht möglich, Blätter zu erhalten, die durchsichtig und homogen genug waren,

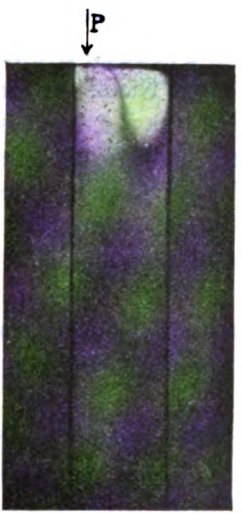


Fig. 1.

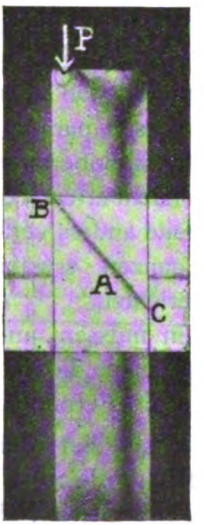


Fig. 2.

um Ergebnisse, welche sich mit denjenigen des Glases vergleichen ließen, zu liefern. Dieser Stoff ist niemals vollkommen isotrop, in unbelastetem Zustande sind immer Anfangsspannungen vorhanden. Daher lassen sich aus demselben nur grobe Angaben gewinnen. Dies ist bedauerlich, denn der Stoff kann leicht mit der Säge geschnitten werden, und würde die Durchführung einer größeren Anzahl von Versuchen ermöglichen.

Anwendungen.

Die soeben beschriebenen Verfahren gestatten uns, zahlreiche beachtenswerte Ergebnisse festzustellen. Als Beispiel sei folgendes angeführt:

Digitized by Google

I. Ein prismatischer Stab wird zwischen zwei Punkten, die sich auf einer den Kanten parallelen Geraden befinden, gedrückt.

1. In einem Abstande von den Endflächen, der höchstens der Stabbreite gleich ist, sind alle Spannungen den Kanten parallel gerichtet.

2. In einem geraden Querschnitt verändern sie sich nach einem linearen Gesetze.

Oder mit anderen Worten, sieht man von einer der Stabbreite gleichen Länge in der Nähe der Endflächen ab, so folgen die inneren Spannungen den Festigkeitsgesetzen.

Die erste Tatsache läßt sich mit dem geraden Licht prüfen. Man stellt den Stab zwischen die gekreuzten Nicols derartig, daß eine der Achsen parallel den Kanten liegt: das Licht erlöscht auf der ganzen Staboberfläche, mit Ausnahme jedoch der den Endflächen benachbarten Teile, die sich auf eine kleinere Länge als die Stabbreite anders verhalten. Die Spannungstrajektorien sind also in dem ganzen erwähnten Raum geradlinig und den Kanten parallel gerichtet.

Mithin müssen, auf Grund des Gleichgewichtsansatzes isostatischer Elemente, die Hauptspannungen in den isostatischen Röhren konstant sein. Ferner:

1. Die zu den Kanten senkrechten Spannungen, welche an der Oberfläche gleich Null sind, müssen auch in dem ganzen dunklen Teile gleich Null sein.

2. Die den Kanten parallel gerichteten Spannungen sind in derselben Röhre, solange letztere den Kanten parallel liegt, konstant.

Wir drehen nun die Polarisationsebenen der Nicols und stellen sie unter 45^0 gegen die Kanten, oder wenden zirkularpolarisiertes Licht an. Oberhalb des Stabes wird ein Babinet-Kompensator parallel zu den Kanten angeordnet. Nebenstehendes Bild wird erhalten.

Die Ordinaten der Linie B C stellen die in jedem Punkte auftretende Spannung dar. Da diese Linie eine gerade ist, so folgen die inneren Kräfte einem linearen Gesetze.

Wenn P sich auf der Achse M befindet, so ist B C wagrecht und die Spannung gleichmäßig. Wenn der Abstand M P zwischen M und P ein Drittel der Breite beträgt, so liegt A am Trägerrande.

Digitized by Google

Mit Hilfe des Nullpunktes ist es leicht, den Durchgangspunkt der Resultierenden zu ermitteln. Es bezeichnet d die Entfernung der Resultierenden von der Achse. Die Gleichung

$$\frac{P}{S} + \frac{M\,x}{I} = 0$$

liefert für

$$M = Pd, \quad I = Sr^2$$
$$xd = r^2.$$

Handelt es sich um einen rechteckigen Stab, so beschreibt man einen Kreis E N F, dessen Halbmesser gleich einem Drittel der Stabbreite a ist. Der Kreis schneidet auf der Achse die Strecke MN = r. Die Längen d und x befinden sich auf zwei senkrecht zueinander stehenden Geraden, die sich im Punkte N schneiden.

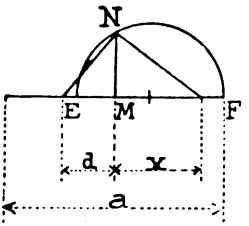


Fig. 3.

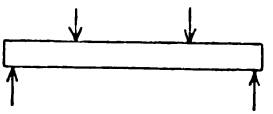


Fig. 4.

Fällt die Nullinie außerhalb des Stabes, so kann ihre virtuelle Lage mit Hilfe des Babinet-Kompensators, und zwar als Schnittpunkt der Linie B C mit der außerhalb des Stabes schwarz erscheinenden Grundlinie des Kompensators, bestimmt werden. Man kann auch durch Druckspannungen ω_1 und ω_2, die in den Seitenflächen des Versuchskörpers entstehen, messen und aus denselben den Durchgangspunkt der Resultierenden errechnen. Bei einem rechteckigen Querschnitte sind nämlich die Randspannungen

$$\omega_1 = \frac{P}{S} + \frac{Mv}{I} = \frac{P}{S}\left(1 + 6\,\frac{d}{a}\right)$$

$$\omega_2 = \frac{P}{S}\left(1 + 6\,\frac{d}{a}\right)$$

Hieraus:

$$d = \frac{a}{6}\,\frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1 + \omega_2}$$

II. Im Falle der einfachen Biegung kann man ebenfalls feststellen, daß jenseits der belasteten Punkte, in einem Abstand, der

Digitized by Google

weit kleiner als die Trägerhöhe ist, alle Hauptspannungen den Kanten parallel gerichtet sind, und daß die lotrechten Spannungen verschwinden: die Nullinie liegt in halber Trägerhöhe, und die wagrechten Spannungen sind eine lineare Funktion ihres Abstandes von der Nullinie.

III. Die Endquerschnitte eines auf einfache Biegung beanspruchten Stabes werden auf zusammengesetzte Festigkeit (Biegung und Abscherung) beansprucht. Im zirkularpolarisierten Lichte zeigt sich, daß sich die Kurven gleicher Färbung in den beiden Enden der gleichen Vertikale schließen: die Zug- und die Druckspannungen sind also in demselben lotrechten Querschnitt an der oberen, bzw. an der unteren Trägerfläche gleich. Die gegenseitigen Abstände

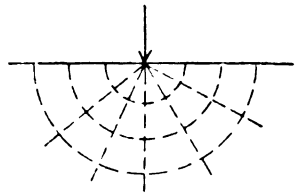


Fig. 5.

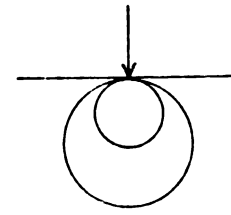


Fig. 6.

dieser Kurven sind in Höhe des mittleren Teiles den Abständen ihrer Schnittpunkte mit den oberen und unteren Trägerflächen proportional. Längs dieser Flächen nehmen die Spannungen, wie es die Festigkeitslehre erfordert, linear ab.

IV. Spannungsverteilung in der Nähe des belasteten Punktes. Die Aufgabe ist rechnerisch ziemlich schwer zu behandeln. Auf dem Wege des Versuches ist die Lösung leicht zu erzielen.

Vom belasteten Punkte aus erscheinen im geraden Licht auf einer Länge, die um so beträchtlicher ist, je weiter die Auflagerwiderstände angreifen, zwei schwarze Gerade, welche zu den Hauptrichtungen des Polarisators und des Analysators parallel liegen. Die Spannungstrajektorien bestehen somit aus Geraden, die sich im belasteten Punkte schneiden, und aus konzentrischen Kreisen. Die kreisförmigen Röhren werden von den geradlinigen Röhren durchschnitten und endigen an der freien Oberfläche: entsprechend den Gleichgewichtsbedingungen des isostatischen Elementes muß also die Spannung in ihrer Richtung ständig gleich

Digitized by Google

Null sein. Mithin bleiben als Hauptspannungen nur die vom belasteten Punkt aus strahlenförmig gerichteten Druckspannungen.

Der Querschnitt einer durch zwei gerade Trajektorien begrenzten Röhre ist der Entfernung vom Kraftangriffspunkt proportional. Damit Gleichgewicht vorhanden sein soll, so müssen sich in jedem Querschnitt der Röhre die Spannungen in der Längsrichtung das Gleichgewicht halten. Somit nimmt der Druck mit wachsender Entfernung vom belasteten Punkte ab.

In zirkularpolarisiertem Licht erscheinen gefärbte Kreise, die sich an der Oberfläche unter dem Druckmittelpunkt berühren. Für eine Röhre, die um den Winkel α gegen die Kraftrichtung geneigt ist, gilt die Gleichung:

$$\nu = A \frac{P}{e} \frac{\cos \alpha}{r}$$

Hierbei stellt A eine Konstante dar. Die Summe der Komponenten aller Spannungen längs eines Kreises in der Kraftrichtung muß der Gleichung

$$P - A \int \frac{P \cos^2 \alpha}{e} r \, d\alpha = 0$$

genügen.

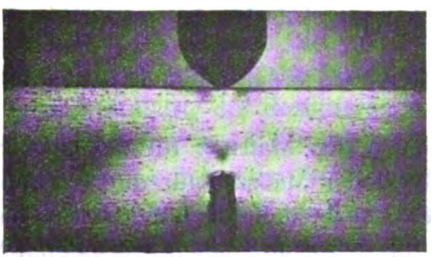
Hieraus ergibt sich

$$A = \frac{2}{\pi}$$

und daher

$$\nu = \frac{2 P \cos \alpha}{\pi e r}$$

Aus dieser Gleichung läßt sich, wie ich in einer anderweitigen Veröffentlichung gezeigt habe, die innere Gleichgewichtsbedingung eines zwischen zwei Ebenen gedrückten Zylinders ableiten.



Digitized by Google

V. Eingekerbte Stäbe. In zirkularpolarisiertem Lichte zeigt sich vorstehendes Bild.

Aus Symmetriegründen sind die Hauptspannungen in der Abbildungsachse wagrecht und lotrecht. Die lotrechten Druckspannungen nehmen vom Kraftmittelpunkt aus ab, bis sie im tiefsten Punkt der Einkerbung verschwinden. Die lotrechte Spannung im dunklen Punkt ist nicht Null, es entsteht daher auch ein wagerechter Druck. Nach dem Bilde beträgt die Höhe der Zugzone weniger als ein Fünftel der oberhalb der Einkerbung verbleibenden Höhe.

In einem eingekerbten Stabe sind die Zugspannungen oberhalb der Einkerbung weit beträchtlicher als die Druckspannungen: je enger der Einschnitt, um so größer ist der Unterschied. Es müssen also im tiefsten Punkte der Einkerbung bedeutend stärkere Zugspannungen, als es die Größe des Biegungsmomentes vermuten läßt, entstehen.

VI. Bei zahlreichen Tragwerken bietet die Bestimmung der Spannungsverteilung erhebliche Schwierigkeiten, wenn überzählige Bedingungen, die erfüllt werden müssen, in Rechnung gesetzt werden sollen. Werden verkleinerte Modelle dieser Tragwerke im zirkularpolarisierten Licht untersucht, so wird es häufig möglich sein, die Aufgabe weit einfacher als mit Hilfe der Rechnung und ohne große Ausgaben zu lösen. Zu diesem Zwecke wird es genügen, ein Modell aus Glasstücken, die mit kaltem, flüssigem Leim aneinandergeklebt werden, herzustellen.

Ohne die Angriffslinien der Kräfte zu verschieben oder die Formänderungen zu beeinflussen, kann man die Trägerquerschnitte durch Rechtecke mit den Seiten a und b ersetzen. Es müssen nur

$$a\,b = S \text{ und } \frac{1}{12}\,a\,b^3 = I$$

sein, und somit

$$b = \sqrt{\frac{12\ I}{S,}}\qquad a = \frac{S}{b}$$

Diese Transformationen lassen sich leicht auf den Eisenbeton übertragen.

Man kann auch den Maßstab für die Querschnittshöhen beliebig ändern: wird der Maßstab für die äußeren Kräfte dementsprechend geändert, so bleiben die inneren Spannungen dieselben. Man kann auch für den Aufriß einen besonderen Maßstab wählen,

Digitized by Google

ohne daß sich, gleiche Bedingungen wie vorhin vorausgesetzt, die inneren Spannungen ändern: die Verschiebungen erscheinen dann in dem durch den Maßstab bedingten Verhältnis verzerrt.

Um die Richtung und die Größe der Kräfte in jedem Stab zu bestimmen, empfiehlt es sich, folgendes zu beachten:

Gegeben sei ein Stab von rechteckigem Querschnitt, auf den beliebige Kräfte wirken. Wird dieser Stab durch einen ebenen Schnitt in zwei Teile geteilt, so lassen sich die an der Schnittstelle auftretenden Spannkräfte durch Kräfte und Kräftepaare in Richtung dreier aufeinander senkrecht stehender Achsen ersetzen. Als Mittelpunkt dieses Achskreuzes kann der Querschnittsmittelpunkt gewählt werden, und zwar derartig, daß zwei Achsen in die Querschnittebene fallen. Handelt es sich um ebene Spannungszustände, so sind zur Darstellung der inneren Spannkräfte nur eine Achsialkraft, eine Querkraft und ein in der Kraftebene drehendes Kräftepaar erforderlich. Wenn zwischen zwei Querschnitten keine äußeren Kräfte angreifen, so müssen in diesem Stabteile, auf Grund des Gleichgewichtes, die Achsialkraft und die Quer- oder Scherkraft konstant sein, während sich das Biegungsmoment um das Produkt aus Querkraft und Querschnittsabstand verändert. Der Stab verhält sich also wie ein gleichmäßig gedrückter Träger, der zugleich auf Biegung unter gleichbleibender Scherkraft beansprucht wird. In nicht allzu großer Nähe von den Kraftangriffspunkten folgen die auf die ebenen Querschnitte wirkenden Druckkräfte einem linearen Spannungsgesetz. Da an den Querschnittsrändern die Schubspannungen gleich Null sind, so kann man die Druckkräfte ohne Rücksicht auf die Scherkraft messen und den Durchgangspunkt der Resultierenden, wie oben gezeigt, ermitteln

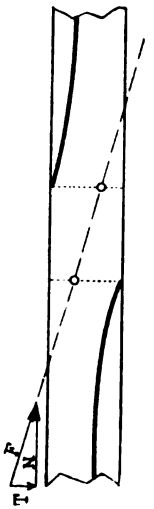


Fig. 8.

Insbesondere greift in einem Querschnitte, für welchen die eine Randspannung gleich Null ist, die Resultierende in dem entgegengesetzten Querschnittsdrittel an. Versucht man mit Hilfe des zirkularpolarisierten Lichtes diejenigen Punkte festzustellen, in denen die dunklen Kurven die Querschnittsränder erreichen, so kann man zwei Punkte der Richtung der Resultierenden bestimmen. Die

Digitized by Google

Größe der letzteren wird erhalten, indem man die Spannung in den beiden Rändern des Querschnittes, durch dessen Mittelpunkt die Resultierende geht, mißt. Es ist dann

$$\omega = \frac{N}{S}$$

Man ist also imstande, die auf jeden Stab wirkende Kraft der Größe und der Richtung nach zu ermitteln.

Dieses Verfahren ist bei Tragwerken mit großen Krümmungsradius, beispielsweise bei Bögen, anwendbar. Es hat mir die Möglichkeit gegeben, die Formeln für eingespannte Bögen zu prüfen.

Die Beobachtung aufeinandergeklebter Teile wird durch den Leim nicht gehindert. Man kann I- und T-förmige Stäbe herstellen, deren Untersuchung keine Schwierigkeit bietet.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXVIII$_6$

DIE PHYSIKALISCHE BEDEUTUNG DER ELASTIZITÄTSGRENZE.

Von **H. F. Moore**, Urbana, Illinois, U. S. A.

(Übersetzt von Th. Scharff, Hamburg.)

Der Ausdruck „Elastizitätsgrenze" wird in wenigstens vier verschiedenen Bedeutungen gebraucht, und zwar als:

1. Die kleinste Spannung, die nach ihrer Beseitigung im Material eine bleibende Formänderung (Dehnung) zurückläßt. Sie heißt manchmal „Punkt der ersten bleibenden Dehnung" und in dieser Arbeit wird später häufig auf sie als „El.-Grenze" Bezug genommen werden.

2. Die kleinste Spannung, bei der das Hookesche Gesetz seine Gültigkeit verliert. Sie wird zuweilen die „Grenze der Proportionalität zwischen Spannung und Dehnung" genannt und wird als P-Grenze bezeichnet werden.

3. Die kleinste Spannung, bei deren Nachlassen eine Umwandlung eines Teiles der aufgespeicherten mechanischen Energie in Wärme stattfindet. Sie soll die Energiegrenze oder Wärmegrenze genannt werden und auf sie wird später als T-Grenze Bezug genommen werden.

4. Die kleinste Spannung, bei der dehnbare Materialien eine plötzliche merkbare Streckung aufweisen. Sie heißt gewöhnlich Fließ- oder Streckgrenze und soll auch weiter so bezeichnet werden. Die Streckgrenze wird gewöhnlich, aber keineswegs immer von der Elastizitätsgrenze, wie sie unter 1., 2. und 3. näher bestimmt wurde, unterschieden und in den Vereinigten Staaten bisweilen als „kaufmännische Elastizitätsgrenze" bezeichnet.

Digitized by Google

Obgleich diese verschiedenen Begriffsbestimmungen nicht ein und denselben Gegenstand betreffen und vorsichtige Autoren zwischen den verschiedenen „Elastizitätsgrenzen“[1]) unterscheiden, führt die Außerachtlassung dieser Vorsicht von seiten anderer Schriftsteller zu einer nicht unerheblichen Verwirrung in der Auslegung von Materialprüfungen. Es dürfte angebracht erscheinen, feststehende und treffende Benennungen für die verschiedenen „Elastizitätsgrenzen“ einzuführen.[2])

Außer den obigen, wie angenommen wird, exakten Definitionen der Elastizitätsgrenze sind verschiedene willkürliche Definitionen in Vorschlag gebracht worden, ausgedrückt durch Grenzwerte der bleibenden Formänderung und ausgedrückt durch Grenzwerte für den Wechsel des Verhältnisses zwischen Formänderung und Belastung Eine solche Definition ist die der Französischen Kommission für Materialprüfungen.[3]) Sie setzt die Elastizitätsgrenze als die El.-Ggrenze fest, die durch Messung der Längenänderungen über eine Meßlänge von 200 mm bestimmt wird, und zwar mit Meßapparaten, die noch eine Längenänderung von 0·001 mm abzulesen gestatten. Eine zweite willkürliche Definition ist die des verstorbenen J. B. Johnson,[4]) der für die Elastizitätsgrenze auf dem Spannungs-Dehnungsdiagramm eine Stelle bestimmte, wo das Verhältnis der Formänderung zur Spannung 50% größer war als bei der Nullspannung.

Eine kritische Prüfung der bei Materialprüfungen in der Regel vorliegenden Voraussetzungen zeigt, daß Übereinstimmung in der Festsetzung der Werte für irgendeine der vier „Elastizitätsgrenzen“ nur durch besondere Angabe der Genauigkeitsgrenzen im Zusammenhange mit den oben aufgestellten Definitionen gewährleistet werden kann.

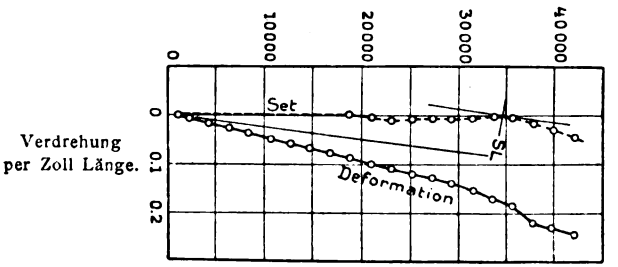
Die meisten Materialien werden nach Eintragung einer sehr kleinen Spannung eine geringe bleibende Formänderung zeigen[5]), obgleich der Betrag dieser Dehnung zu gering sein dürfte, um ihn durch Instrumente mit einem in der gewöhnlichen Laboratoriumspraxis gebräuchlichen Genauigkeitsgrade nachweisen zu können. Die Lage der El.-Grenze hängt etwas von der Genauigkeit der zu ihrer Ermittlung benutzten Apparate ab. Dies ist aus den in Tabelle 1 wiedergegebenen Resultaten von Dehnungsversuchen zu ersehen. Diese Zugversuche mit weichem Flußeisen wurden vom Verfasser im Laboratorium für angewandte Mechanik der Univer-

Digitized by Google

sität des Staates Illinois auf Prüfungsmaschinen von der gleichen Empfindlichkeit angestellt. Drei verschiedene Dehnungsmesser wurden verwendet. Bei diesen Versuchen wurde eine Eisenstange in vier Probestäbe geteilt, je einer für die drei Dehnungsmesser und einer zu einem Versuche zur Ermittlung der Streckgrenze benutzt. Drei Eisenstäbe von vermutlich gleicher Qualität wurden auf diese Weise geprüft. Die Ergebnisse zeigen deutlich, daß die Lage der El.-Grenze von der Empfindlichkeit der benutzten Apparate abhängt.

Das zu Maschinen und Baukonstruktionen verwendete Material ist niemals vollkommen gleichartig und selten frei von Anfangsspannungen, die vom Herstellungsverfahren und von der Montage herrühren. Die unbedeutenden, bleibenden Dehnungen, die man unter ganz niedrigen Spannungen beobachtet, mögen auf den

Pfund per Quadratzoll (1 Pfund per Quadratzoll = 0·0703 kg per cm²).



Torsionsprobe mit Stahl.

Set = bleibende Formänderung. Deformation = Formänderung.

Fig. 1.

Mangel an Gleichartigkeit oder auf das Nachlassen beziehungsweise auf die Verstärkung dieser Anfangsspannungen zurückzuführen sein. Zuweilen wird unter niedrigen Spannungen eine negative Dehnung beobachtet. Um die Unsicherheit zu vermeiden, welche aus Verschiedenheiten in den Instrumenten und in der Deutung der Formänderungen unter ganz niedrigen Spannungen entstehen, ist der Verfasser der Meinung, daß für die Verfahren zur Bestimmung der El.-Grenze Normen festgesetzt werden sollten. Er ist ferner der Ansicht, daß die El.-Grenze nicht durch eine Einzelbeobachtung der bleibenden Dehnung festgestellt werden sollte, sondern mit Hilfe einer Kurve, die auf Grund einer Reihe von Beobachtungen der nach jeder Laststufe eintretenden Dehnung aufzutragen wäre. Verfasser würde vorschlagen, als El.-Grenze die Spannung festzusetzen, bei der das Verhältnis zwischen Dehnung und Spannung

Digitized by Google

einen gewissen Bruchteil (vielleicht die Hälfte) des anfänglichen Verhältnisses der Formänderung zur Spannung ausmacht. Fig. 1 zeigt die aufgetragenen Resultate eines an einer Welle vorgenommenen Torsionsversuches samt der in dieser Weise bestimmten El.-Grenze (SL in Fig. 1). Die Ermittlung der El.-Grenze verursacht recht viel Mühe bei der Versuchsausführung, wenn sie aber richtig ermittelt ist, so bietet sie ein zuverlässiges frühzeitiges Zeichen für das Eintreten neuer plastischer Formveränderung des Materiales.

Die P-Grenze wird gewöhnlich mit Hilfe eines Spannungs-Dehnungsdiagrammes in dem Berührungspunkte einer geraden Linie mit einer Kurve von sehr großem Radius festgelegt Die Ermittlung der P-Grenze hängt in nicht geringem Grade von der Empfindlichkeit der benutzten Apparate ab.[6]) In Tabelle 1 sind Spannungswerte an der P-Grenze zusammengestellt, die bei den im vorhergehenden Absatze beschriebenen Zugversuchen mit weichem Flußeisen ermittelt wurden. Mit Hilfe eines Dehnungsmessers von hoher Empfindlichkeit wurde die P-Grenze bei einer niedrigeren Spannung festgestellt als mit Hilfe eines solchen von geringerer Empfindlichkeit

Auch wenn große Sorgfalt auf das Einspannen der Zug- oder Druck-Probekörper in die Festigkeitsmaschine verwandt worden ist, verteilt sich die Spannung im allgemeinen nicht gleichförmig über den Querschnitt. Durch die sehr sorgfältigen Versuche C. Alfred, M. Smiths[7]) wurde überzeugend dargetan, daß die größte Faserbeanspruchung selbst bei den bewährtesten Verfahren zum Festhalten der Proben um 10% oder mehr über die gleichmäßig verteilte Spannung hinausgehen kann, wie sie von der Prüfungsmaschine angezeigt wird. Dieser Unterschied in der Spannungsverteilung trägt eine weitere Unsicherheit in die Bestimmung der P-Grenze hinein.

Die P-Grenze erweist sich nicht so unmittelbar als Zeichengeber für die ersten Stadien plastischer Dehnungsarbeit als die El.-Grenze; es ist tatsächlich keine Veränderung in der Struktur mit Erreichung der P-Grenze unmittelbar verbunden. Für dehnbare Materialien bedeutet die P-Grenze jedoch stets eine Spannung, bei der plastische Dehnungsarbeit gering ist und das Material fast vollkommen elastisch ist. Die P-Grenze läßt sich viel schneller ermitteln als die El.-Grenze. Die Verfahren zur Herstellung der P.-Grenze sollten ebenfalls normiert werden. Für Zwecke des

Digitized by Google

Vergleiches verschiedener Proben hat Verfasser die „relative“ oder „scheinbare“ Elatizitätsgrenze, wie sie durch J. B. Johnson festgesetzt ist, als sehr brauchbar gefunden.

Die Spannungs-Formänderungsdiagramme vieler spröder Stoffe wie Gußeisen und Beton, sind während ihres ganzen Verlaufes gebogen, und die Stoffe zeigen bleibende Formänderung nach Eintragung irgendeiner Spannung. Solche Materialien haben weder eine P-Grenze noch eine El.-Grenze und zurzeit ist kein besonderes physikalisches Merkmal bekannt, das man mit irgendwelchen willkürlich festgesetzten Grenzen für solche Materialien in Beziehung bringen könnte.

Wenn eine Probe in Spannung versetzt und dann entlastet wird und die Spannungs-Dehnungslinie für zunehmende Spannung oberhalb der für abnehmende Spannung liegt, so muß ein Energieverlust während des Spannungsumlaufes stattfinden, vermutlich in Form von Wärme. Dieser Energieverlust wird „mechanische Hysteresis“ genannt. Die unmittelbare Ermittlung der niedrigsten Spannung, die diese mechanische Hysteresis in einem Material verursacht, würde eine sehr zeitraubende Arbeit sein. Es sind Versuche gemacht worden, diese Grenze (die T-Grenze)[8]) durch Temperaturfeinmessungen an der Probe festzustellen.

Thermodynamische Erwägungen ergeben, daß eine Zugprobe sich unter niedriger Spannung abkühlen würde, wenn die T-Grenze nicht überschritten ist, und thermoelektrische Feinmessungen der Temperatur, die von C. A. P. Turner und von Rasch angestellt sind, zeigen, daß dies der Fall ist. C. A. P. Turner legte die T-Grenze fest, indem er eine Spannungs-Temperaturkurve zeichnete und den Punkt bestimmte, wo der Verlauf der Abkühlung bei einer Zugprobe sich änderte. Bei dieser Ermittlung der T-Grenze kommt es indessen auf den Berührungspunkt einer geraden Linie und einer sehr flachen Kurve an und ihre Feststellung hängt ebenso wie die Bestimmung der P-Grenze von der Empfindlichkeit der Apparate ab. C. A. P. Turner hat jedoch klar dargetan, daß für weiches und mittelhartes Flußeisen die T-Grenze tiefer liegt als die P-Grenze, wie mit dem in Laboratorien üblichen Genauigkeitsgrade nachgewiesen wurde. In diesem Zusammenhange ist darauf hinzuweisen, daß, wenn die genauesten Instrumente beim Anzeigen des Energieverlustes für eine einzelne Spannungsfolge auch versagen mögen, ein Energieverlust doch bei wiederholten An-

Digitized by Google

wendungen derselben Spannungsfolge zur Erscheinung kommen kann. Versuche im Laboratorium für angewandte Mechanik an der Universität des Staates Illinois, die von H. E. Murdock ausgeführt wurden, haben gezeigt, daß ein einziges Mal überlastete Eisenproben unter darauffolgenden Beanspruchungen mechanische Hysteresis erkennen lassen, wenn diese innerhalb der ursprünglichen P-Grenze liegen.

Es steht nicht fest, ob die T-Grenze den Beginn der Plastizität eines Materiales bezeichnet oder den Anfang mechanischer Hysteresis, während die Probe noch elastisch ist. In beiden Fällen ist die weitere Untersuchung der T-Grenze von Materialien und ihre Beziehung zu deren Fähigkeit, wiederholten Belastungen zu widerstehen, ein fruchtbares Forschungsgebiet.

Die Streckgrenze (Fließgrenze) wird im allgemeinen als die Spannung definiert, bei welcher die Formänderung eines Materiales „sehr schnell" zuzunehmen beginnt. Eine strengere Definition ist die der Französischen Kommission, die unter Streckgrenze die Spannung versteht, bei der die Formänderung zunimmt ohne gleichzeitiges Anwachsen der Spannung. Wenn diese Begriffsbestimmung angenommen wird, kann eine Streckgrenze nur bei sehr dehnbaren Materialien als vorhanden angesehen werden. Die Streckgrenze wird in der Regel durch das Sinken des Waghebels oder das Stehenbleiben des Kraftmessers der Prüfmaschine bestimmt, während die Formänderung der Probe stattfindet. Für dehnbare Stoffe ist die nach diesem Verfahren ermittelte Fließgrenze ziemlich genau bestimmt, aber auf ihre Ermittlung ist in nicht geringem Grade die Schnelligkeit der Versuchsausführung und die Geschicklichkeit des die Maschine beim Ausbalancieren des Laufgewichtsbalkens Bedienenden von Einfluß, wenn der Versuch an einer Maschine mit Kraftmessung durch Laufgewichtswage ausgeführt wird. Die Prüfgeschwindigkeit sollte innerhalb der Fließgrenze sehr langsam sein. Andere Erscheinungen, welche manchmal dazu dienen, die Fließgrenze festzustellen, sind das Abfallen von Walzsinter von unbearbeiteten Proben, die Trübung der Oberfläche polierter Proben und das Auftreten charakteristischer als Fließfiguren bekannter Risse, sowie eine so große Streckung oder Stauchung, daß sie für das Auge ohne Vergrößerung wahrnehmbar ist. Bei Zug-, Druck- und Biegungsversuchen an Eisen und Stahl läßt sich die Streckgrenze, wie man gefunden hat, leicht

Digitized by Google

und genau durch Überziehen der Probe mit einem dünnen Anstrich von Gips, Kreide oder mit einer anderen spröden Schicht und durch Beobachtung der Spannung feststellen, bei welcher der Überzug zuerst abblättert.

Die Verfahren zur Ermittlung der Fließgrenze sollten normiert und die zulässige Geschwindigkeit der Versuchsausführung festgesetzt werden. Die Fließgrenze bezeichnet die Spannung, bei der ein dehnbares Material von einem nahezu elastischen Zustande in einen stark plastischen übergeht. In einem bis zur P-Grenze oder bis zur El.-Grenze beanspruchten Material treten keine merkbaren Strukturänderungen auf, deutliche Strukturänderungen finden aber in Körpern statt, die bis zur Fließgrenze beansprucht sind. Nicht dehnbare Körper haben natürlich keine Streckgrenze.

Die Ermittlung der El.- oder P-Grenze eines Stoffes mit Hilfe von Biegungs- oder Dehnungsversuchen (Versuchen, bei welchen die Faserspannung in einem Querschnitt von einem Höchstwerte auf der einen Seite durch Null zu einem Kleinstwerte auf der entgegengesetzten Seite wechselt) ergibt für diese Grenzen Werte, welche sich von denen, die durch Zug- oder Druckversuche gewonnen sind, unterscheiden.[10]) Bei Biegungsversuchen an Proben mit rechteckigem oder kreisrundem vollem Querschnitt wird die Grenze der Proportionalität zwischen Belastung und Durchbiegung bei einer höheren Faserspannung ermittelt als die, die sich an Proben mit I- oder Kreisringquerschnitt nachweisen läßt, und bei einer höheren als die P-Grenze, die durch Zugversuche bei demselben Material festgestellt ist. Im Laboratorium für angewandte Mechanik der Universität des Staates Illinois sind Dehnungsmessungen bei Biegungs- und Drehungsversuchen oft vorgenommen worden und eine Durchsicht der zusammengestellten Ergebnisse zeigt, daß geringe bleibende Formänderungen an Probekörpern für Biegung und Drehung oft bei sehr niedrigen Spannungen auftreten. In weichem Flußeisen rufen so geringe Spannungen wie 1050 kg/qcm oft schon eine unbedeutende bleibende Dehnung hervor. Diese geringen bleibenden Formänderungen glaubt man auf Anfangsspannungen, auf Ungleichartigkeit oder auf ungleichmäßige Krafteintragung eher als auf einen irgendwie merklichen Betrag plastischer Formänderungsarbeit des Materiales zurückführen zu können.

Es ist allgemein bekannt, daß die meisten Materialien unter einer lange andauernden statischen Belastung endlich bei Spannungen

Digitized by Google

brechen, die etwas geringer sind als die Bruchfestigkeit, wie sie bei dem üblichen Laboratoriumsversuch für das Material ermittelt wird. Diese Herabsetzung der Bruchfestigkeit unter der Einwirkung lange andauernder Belastung ist besonders groß bei Holz,[11]) aber sie ist auch bei Eisen und Stahl[12]) und bei Beton[13]) wahrnehmbar. Bei dehnbaren Materialien tritt der Bruch unter ruhender Last gewöhnlich dann ein, wenn der Zustand des Körpers vollkommen plastisch geworden ist. Dem Verfasser ist es nicht möglich gewesen, irgendeinen Fall, sei es bei einem Laboratoriumsversuch, sei es bei einem Bauversuch aufzufinden, bei welchem eine Konstruktion aus Schweißeisen oder Flußeisen unter ruhender Belastung bei Spannungen versagte, die geringer waren als die an der Streckgrenze. Im Laboratorium für angewandte Mechanik an der Universität des Staates Illinois haben kleine runde Stäbe und I-Träger in natürlicher Größe mehrere Wochen lang ruhende Lasten getragen, welche die äußersten Fasern ziemlich über die Fließgrenze hinaus beanspruchen. Bei diesen Versuchen nahm die Formänderung während weniger Tage zu und blieb dann konstant. Andere ähnliche Versuche werden von Thurston angezogen.[12]) Brücken haben sich trotz leichter bleibender Krümmungen in beanspruchten Gliedern zur Zufriedenheit bewährt, und sogar in einigen Fällen, wo ein Abblättern von Farbe und Walzsinter in der Umgebung der Stöße tatsächlich beobachtet worden ist.

Die El.-Grenze von Konstruktions- oder Maschinenteilen zeigt häufig Unterschiede, die eher auf innere Spannungen oder auf örtliche Spannungen zurückzuführen sind, als auf eine Veränderung vom elastischen Zustand in einen plastischen Zustand. Wofern man den Einfluß der Ungleichartigkeit und der Anfangsspannungen auf die Entstehung bleibender Formänderung nicht vernachlässigt, ist sie kein sehr befriedigender Maßstab für die Fähigkeit eines Baustoffes, einer lange anhaltenden statischen Inanspruchnahme Widerstand leisten zu können.

Ob die P-Grenze oder die Fließgrenze den besseren Maßstab für die statischen Festigkeitseigenschaften dehnbarer Materialien liefert, ist eine schwer zu entscheidende Frage. Zu Gunsten der P-Grenze spricht die Tatsache, daß sie eine Spannung angibt, die dem Beginn plastischer Formänderungsarbeit näher liegt als die Fließgrenze; zu Gunsten der Fließgrenze spricht die größere Leichtigkeit ihrer Ermittlung, die größere Schärfe ihrer Bestimmung

Digitized by Google

für gewöhnliches Bauwerkeisen (falls die Bestimmung sorgfältig gemacht wird) und die Tatsache, daß die Fließgrenze das Stadium des schnellsten Überganges von einem elastischen in einen plastischen Zustand und einen merkbaren Gefügeunterschied im Material kennzeichnet. Wie oben bemerkt, hat Verfasser das Verfahren von J. B. Johnson sehr brauchbar gefunden zur Bestimmung einer praktischen Grenze der Elastizität unter statischer Belastung.

Spröde Körper werden häufig in einem Spannungszustande verwendet, der bleibende Formänderungen hervorruft und bei dem der Formänderungsbetrag merklich größer ist als bei der Nullspannung (z. B. gußeiserne Hebel an Prüfmaschinen, Beton in Eisenbetonkonstruktionen). Da es für spröde Körper keine Streckgrenze gibt, scheint die Bruchgrenze das beste Kennzeichen für deren Festigkeit bei statischer Inanspruchnahme zu bieten. Zur einwandfreien Ermittlung der Bruchfestigkeit sollte das Zeitmaß der Versuchsausführung langsam sein.

Holz besitzt eine wenig ausgesprochene P-Grenze. Neuere Versuche des U. S. Bureau of Forestry[14]) ergeben, daß die P-Grenze, wenn sie unter Bedingungen, die den Normen entsprechen, ermittelt wird, der beste Maßstab für die statischen Festigkeitseigenschaften des Holzes unter lange andauernder Belastung ist.

Ein Versagen von Konstruktionsgliedern unter statischer Belastung kommt im allgemeinen nur vor infolge plastischer Deformationsarbeit eines dehnbaren Materiales oder infolge eines tatsächlichen Bruches der Fasern eines spröden Materiales. Unter häufig wiederholter Belastung kann ein Zusammenbrechen durch eine allmähliche Erweiterung feiner Sprünge hervorgebracht werden und der endliche Bruch gleicht, selbst bei dehnbaren Materialien, dem spröder Körper unter statischer Belastung. Die Versuche von Ewing und Rosenhain[15]) lassen als Ursache solcher Brucherscheinungen ein intra-krystallines Gleiten kleinster Partikelchen erkennen, begleitet von einer Zerstörung der reibenden Oberflächen und der allmählichen Entstehung von Rissen. Es ist eine offene Frage, ob irgendein Material die Wiederholung einer wenn auch noch so geringen Belastung in unbegrenzter Zahl aushalten kann, wenn ein solches Gleiten eintritt.[16]) Die verfügbaren Unterlagen sind unzureichend zur Entscheidung dieser Frage, aber wir wissen, daß wir unter Zugrundelegung niedriger Spannungen Maschinen entwerfen können, die durch Bruch des Materiales erst zu Grunde

Digitized by Google

gehen werden, nachdem die Maschine infolge anderer Ursachen abgenutzt ist.

Die Versuche von Bairstow[9]) und von L. B. Turner[17]) zeigen einen augenscheinlichen Zusammenhang zwischen der Entstehung mechanischer Hysteresis und endlichem Bruch bei wiederholter Belastung. L. B. Turner beobachtete, daß der Zusammenbruch in einigen Fällen bei häufigem Wechsel von Spannungen erfolgte, deren Größe geringer war als die P-Grenze des Materiales, wie sie sich durch einen statischen Versuch ergeben hatte. Versuche von Howard[18]) zeigen diese Tatsachen deutlich. Es ist keine bestimmte Beziehung zwischen der dauernden Tragfähigkeit eines Materiales und seiner P-Grenze aufgedeckt worden. Bauschingers klassische Versuche[19]) zeigten den Unterschied in der P-Grenze, der bei wiederholten Anstrengungen eintritt. Neuere Versuche[20]) beweisen, daß die augenscheinliche Hebung der P-Grenze durch Spannungen, die in gleichem Sinne die Streckgrenze des Materiales überschreiten, abhängig ist von den Pausen zwischen den Belastungen und daß die Hebung der P-Grenze von erhöhter mechanischer Hysteresis begleitet sein kann. Während die P-Grenze als Maßstab für die Festigkeit unter wiederholten Anstrengungen geringe Bedeutung zu haben scheint, scheint die T-Grenze der weiteren Erforschung wert zu sein. C. A. P. Turners Versuche[8]) stellten die T-Grenze von weichem und von mittelhartem Flußeisen bei Spannungen fest, die zwischen 1260—1600 kg/qcm lagen — Spannungswerte, bei denen das Material wahrscheinlich viele Millionen Spannungsumkehrungen ohne Bruchgefahr ertragen würde.

Bevor ein befriedigender Maßstab für die Festigkeit bei wiederholten Beanspruchungen aufgestellt werden kann, sind noch viele Versuche zu machen. Aussichtsreiche Forschungsgebiete zur Erlangung eines solchen Maßstabes sind: mechanische Hysteresis, die T-Grenze und direkte Dauerversuche.

Es ist eine offene Frage, ob Eigenschaften, die das Verhalten unter einer statischen Last, oder Eigenschaften, die das Verhalten bei Dauerbelastungen kennzeichnen, der Beurteilung von Materialien zu Grunde gelegt werden sollten, die in Bauwerken wie Eisenbahnbrücken Verwendung finden. Diese Brücken sind wiederholten Belastungen in Zeitabständen von einigen Minuten ausgesetzt, sie sind selten einer Folge von Spannungen, die von Null bis zur höchsten zulässigen Beanspruchung wächst, unterworfen und haben

Digitized by Google

häufige Ruhepausen. Soweit Verfasser hat in Erfahrung bringen können, haben sich keine Einstürze solcher Bauwerke ereignet, deren Ursache auf eine Schwäche des Materiales zurückgeführt werden kann, welches vorher statische Festigkeitsprüfungen zufriedenstellend bestanden hatte. Andererseits sind derartige Unfälle an Wellen von Dampfmaschinen und an Wagenachsen vorgekommen, die der raschen Umkehr von Biegungsspannungen ohne Ruhepause ausgesetzt sind.

In diesem Zusammenhange mag noch bemerkt werden, daß es Maschinenteile und Konstruktionsglieder gibt, die hohe wiederholte Beanspruchungen aufzunehmen haben und deren unbegrenzte Dauer nicht erwartet wird. Beispiele für solche Teile sind: Bandsägen für Holzbearbeitung, Drahtseile (über Seilscheiben geführt) und Kugellager.[21]) Bandsägen werden z. B. in Holzsägereien als genügend angesehen, wenn sie für eine Zeitdauer aushalten, die ungefähr 10 Millionen Spannungswiederholungen in sich schließt.

Kurz zusammengefaßt läßt sich sagen:

Die Unbestimmtheit des Ausdruckes „Elastizitätsgrenze“ macht die Aufstellung und die Anwendung einer bezeichnenden Nomenklatur in hohem Grade wünschenswert.

Die Elastizitätsgrenze, die auf Grund der ersten Beobachtung, bei der sich eine bleibende Formänderung ergibt, angenommen wird, ist von zweifelhaftem Werte für die Ermittlung der elastischen Eigenschaften der Materialien, da geringe, im allgemeinen durch Ungleichartigkeit des Baustoffes oder Anfangsspannungen verursachte, bleibende Formänderungen nach Eintragung einer sehr geringen Spannung gefunden werden. Die Ermittlung der El.-Grenze sollte mit Hilfe einer Kurve vorgenommen werden, die auf Grund einer Beobachtungsreihe aufgetragen ist. Dies schließt wohl eine nicht unbedeutende Arbeit in sich, ermöglicht es aber in der Regel, einen Unterschied zu machen zwischen bleibenden Formänderungen, die durch Ungleichartigkeit und Anfangsspannungen hervorgerufen sind, und Formänderungen, die durch Bildsamkeit des Materiales verursacht sind. An Hand einer solchen Kurve dürfte sich ein sehr frühes Stadium plastischer Formänderungsarbeit im Material nachweisen, es dürfte sich auch eine Grenze wählen lassen, die als entscheidendes Merkmal statischer Festigkeitseigenschaften von dehnbaren Körpern zu verwenden wäre.

Digitized by Google

Die in der üblichen Weise bei statischen Festigkeitsprüfungen ermittelte Proportionalitätsgrenze ist kein scharf fixierter Punkt und der gefundene Wert hängt sowohl von der Empfindlichkeit des Apparates als auch von seiner Handhabung ab. Der Wert sollte lieber mit Hilfe einer aufgetragenen Kurve als aus der ersten Beobachtung, einer (über das Proportionalitätsmaß reichende) Dehnungszunahme die sich im Verlauf der Formänderung zeigt, ermittelt werden. Die Normierung von Verfahren zu seiner Festlegung ist in hohem Grade wünschenswert. Eine wahrnehmbare Strukturänderung ist mit dem Erreichen der Proportionalitätsgrenze nicht verknüpft, aber für viele Materialien, einschließlich Schweißeisen und Bauwerkeisen, bedeutet sie eine Spannung, bei oder unter der das Material schon plastische Formänderungsarbeit gezeigt hat, und aus diesem Grunde darf sie als ein Mittel zur Beurteilung statischer Festigkeitseigenschaften benutzt werden.

Für dehnbare Materialien, insbesondere für Schweißeisen und weiches Flußeisen, gibt die Streckgrenze ein Zeichen für eine Veränderung aus dem nahezu vollkommen elastischen in einen hochgradig plastischen Zustand. Wenn richtig ermittelt, ist sie für Bauwerk-Schweißeisen und Flußeisen scharf hervortretend. Das Verfahren ihrer Ermittlung sollte normiert werden. Die Streckgrenze sollte streng unterschieden werden von der Elastizitätsgrenze und von der Proportionalitätsgrenze. Bei richtiger Ermittlung bietet die Fließgrenze ein leicht festzustellendes und verläßliches Kennzeichen für die statischen Festigkeitseigenschaften dehnbarer Körper.

Der relative Wert einer zuverlässig ermittelten Elastizitätsgrenze und der Fließgrenze als Festigkeitsmaßstäbe bei dauernder statischer Belastung kann augenblicklich nicht mit voller Sicherheit angegeben werden. Es ist kein Fall bekannt, wo ein Bruch bei einer Faserspannung unterhalb der Fließgrenze eingetreten wäre, sei es in einer Konstruktion aus Schweißeisen oder Flußeisen, sei es in einem Probestück unter langandauernder statischer Belastung oder unter einer in weitläufigen Zwischenräumen aufgetragenen statischen Belastung. Ob die Fließgrenze bei dehnbaren Materialien unter dauernder oder selten wiederholter Belastung ohne Gefahr eines Bruches merklich überschritten werden darf, ist nicht bekannt.

Bei nicht dehnbaren Körpern scheinen willkürlich festgesetzte Grenzen der Elastizität oder der Proportionalität zurzeit von zweifel-

Digitized by Google

hafter physikalischer Bedeutung zu sein. Holz bildet möglicherweise eine Ausnahme von obiger Behauptung.

Tabelle 1.

Zugversuche mit Flußeisen unter Verwendung verschiedener Dehnungsmesser.

Alle Versuche sind von demselben Beobachter gemacht. Alle Ablesungen an den Dehnungsmessern sind in bezug auf Fehler infolge mechanischer Vergrößerung der Dehnungen berichtigt. Alle Proben sind aus Flußeisen von voraussichtlich gleicher Qualität.

Versuch	Dehnungsmesser		Meßlänge cm	Kleinste beobachtete Formänderung auf 1 cm Länge mm	Probe von Stab Nr.	Spannung a.d. Elastizitätsgrenze		Spannung a.d. Proportionalitätsgrenze	
	Bauart	Geringste Ablesung mm				kg/cm²	in % d. Fließgrenze	kg/cm²	in % d. Fließgrenze
6	Mit Ablesemikroskop	0·0002	76	0·0000027	1	1000	31·1	2680	83·5
5	„	0·0002	76	0·0000027	2	—	—	2290	78·0
4	„	0·0002	76	0·0000027	3	1290	43·9	1900	64·6
						im Mittel	37·5	im Mittel	75·4
10	Mit Ablesemikroskop	0·0005	20	0·000025	1	2720	83·8	2830	87·4
11	„	0·0005	20	0·000025	2	2430	82·7	2470	84·0
12	„	0·0005	20	0·000025	3	2430	82·5	1940	66·0
						im Mittel	83·0	im Mittel	79·1
7	Rollenapparat	0·0025	20	0·000125	1	2755	85·1	2900	89 3
8	„	0·0025	20	0·000125	2	2425	82 5	2425	82·3
9	„	0·0025	20	0·000125	3	2710	92·0	2710	92·0
						im Mittel	86·5	im Mittel	87·9
13	mit Hebelübertragung	—	—	—	1	—	—	3250*	100
14	„	—	—	—	2	—	—	2930*	100
15	„	—	—	—	3	—	—	2950*	100

* Fließgrenze.

Eine feststehende Beziehung zwischen den unter statischer Belastung ermittelten Elastizitätsgrenzen und den Festigkeitseigenschaften der Materialien bei dauernder Belastung hat sich nicht finden lassen. Dauerversuche bis zur Zerstörung, Versuche

Digitized by Google

hinsichtlich der mechanischen Hysteresis, sowie Spannungs-Temperaturversuche liefern, wie man annehmen darf, sämtlich genügende Merkmale für Festigkeitseigenschaften bei Dauerbelastung. Doch ist eine viel umfassendere Experimentalforschung nötig, bevor sich ein durchaus verläßliches Prüfungsverfahren für Materialien unter wiederholten Beanspruchungen herausgebildet haben wird.

Literaturnachweis.

[1]) Bach: „Elastizität und Festigkeit", Seite 7 und 8.
Martens: „Handbuch der Materialprüfung", Seite 30 (Übersetzung ins Englische von Hennings).
Wawrziniok: „Handbuch des Materialprüfungswesens", Seite 8, siehe unter [16]).

[2]) Eden: »Endurance of Metals«. „Lebensdauer der Metalle", Engineering (London), Nov. 3, 1911, Seite 556, vergleiche insbesondere die Diskussion über diese Abhandlung, die in obiger und in den folgenden Nummern der Zeitschrift „Engineering" enthalten ist.

[3]) „Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction", Band 1, Seite 207.
J. B. Johnson: „Materials of Construction", Seite 18.

[4]) J. B. Johnson: „Materials of Construction", Seite 18 und Seite 306—311.

[5]) Thurston: „Text Book of Materials of Construction", Seite 348.
Burr: „The Elasticity and Resistance of the Materials of Engineering", Seite 200.
Wawrziniok: „Handbuch des Materialprüfungswesens", Seite 9.

[6]) J. B. Johnson: „Materials of Construction", Seite 20.
Martens: „Handbuch der Materialprüfung", Seite 27, Paragraph 37.
Popplewell: „Experimental Engineering, Materials of Construction", Seite 311.

[7]) C. Alfred, M. Smith: »On Stress Distribution during Tension Tests«. „Über die Spannungsverteilung bei Zugversuchen", Engineering (London), 10. Dezember 1909, Seite 796. Vergleiche auch die Ausgabe von Engineering vom 29. Oktober 1909, Seite 593.

[8]) C. A. P. Turner: On the Thermo-electric determination of stress. Über die thermo-elektrische Ermittlung von Spannungen in den Transactions of the American Society of Civil Engineers vom Jänner 1902.
E. Rasch über denselben Gegenstand in den Mitteilungen des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik, Nr. 11, 4. August 1909, Artikel VII.

[9]) Bairstow: „Phil. Trans. of the Royal Society", A. Bd. 210, Seite 35—55. Ein Auszug aus Bairstows Arbeit ist von Unwin in dem Buche „Testing of Materials of Construction", Ausgabe 1910, Seite 124—125 gegeben.

[10]) Jahrbuch des Amerikanischen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik von 1911, Seite 182. Versuche mit kleinen runden Flußeisenstäben im Laboratorium für angewandte Mechanik an der Universität des Staates Illinois zeigten eine Grenze der Proportionalität zwischen Belastung und

Digitized by Google

Durchbiegung, die 50% größer war als die P-Grenze, die mittels Zugversuchen an Stücken aus demselben Rundeisen festgestellt wurde.

[11]) Thiemann: »Some Results on Dead Load Tests of Timber«. „Einige Ergebnisse von Versuchen mit Holz unter ruhender Belastung", Proceedings of the American Soc. for Testing Materials von 1909, Seite 534.
J. B. Johnson: „Materials of Construction", Seite 468a.

[12]) Thurston: „Text Book of the Materials of Construction", Seite 512—513 und 548—560.

[13]) Hatt: »Notes on the Effect of Time Element in Loading Reinforced Concrete Beams«. „Mitteilungen über den Einfluß der Zeit bei Belastungsversuchen mit Eisenbetonbalken", Proceedings of the American Soc. for Testing Materials von 1907, Seite 421.

[14]) Siehe unter [11]), insbesondere Seite 536 des Thiemannschen Aufsatzes.

[15]) Ewing und Rosenhain: „Phil. Trans. of the Royal Society", 1899, Seite 353, 1900, Seite 279.
Ewing und Humphrey: „Phil. Trans. of the Royal Society", 1902, Seite 241.
Rosenhain: „Journ. Iron and Steel Institute (British)", 1904, Band 1, Seite 335.
Osmond, Frémont und Cartaud: „Revue de Métallurgie", 1904, Teil 1.
Ein Auszug aus der Arbeit von Ewing und Rosenhain ist von Mellor in „The Crystallization of Iron and Steel", Seite 90, wiedergegeben.

[16]) Siehe unter [2]), sowie die Eröffnungsrede Unwins als Präsidenten des (british) Inst. of Civil Engineers 1911. Sie ist abgedruckt in Engineering (London) vom 10. November 1911 mit erläuternden Anmerkungen seitens der Redaktion.

[17]) L. B. Turner: »The Strength of Steels in Compound Stress and Endurance under Repetition of Stress«. „Die Festigkeit des Flußeisens bei zusammengesetzten Beanspruchungen und unter dauernd wiederholten Anstrengungen", Engineering (London), Artikelserie beginnt 28. Juli 1911.

[18]) Howard: »Notes on the Endurance of Steels under Repeated Alternations of Stress«. „Mitteilungen über die Lebensdauer von Flußeisen unter wiederholten Spannungswechseln." Proceedings of the American Soc. for Testing Materials von 1907, Seite 252. Die Unterlagen, nach denen die Mitteilungen zusammengestellt sind, sind zu finden in the Watertown Mass. (U. S. A.) Arsenal Reports „Tests of Metals" von 1898 bis 1910 einschl.

[19]) Bauschinger, Dinglers Journal, Band 224, Seite 5, Zivilingenieur 1881, Seite 290.
Mitteilungen aus dem Mechanisch-Technischen Laboratorium in München, Heft XIII und XXV.
Bauschingers Arbeit kurz zusammengefaßt von Unwin in „The Testing of Materials of Construction", August 1910, Seite 382.

[20]) Hancock: »Recovery of Nickel and Carbon Steel from Overstrain«. „Erholung des Nickel- und Kohlenstoffstahles von Überanstrengung", Proceedings of the Indiana Engineering Soc. von 1907, Seite 157.

[21]) Stribeck: „Kugellager für verschiedene Belastungen." Übersetzung ins Englische von Henry Hess in Proceedings of the American Soc. of Mechanical Engineers vom Mai 1907.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXVIII 7

ZUR FRAGE DER REIBUNG ZWISCHEN DEN PARALLELEN ENDFLÄCHEN EINES GEDRÜCKTEN KÖRPERS UND DEN DRUCKPLATTEN.

Von Professor **H. I. Hannover**.

Direktor der kgl. technischen Hochschule in Kopenhagen

Über diese Frage wurde im Jahre 1900 eine lebhafte Diskussion geführt, namentlich zwischen den Herren Professoren Föppl und Kick.

Föppl war der — bereits von Mohr ausgesprochenen — Meinung, daß diese Reibung vorhanden sei, und er bewies durch Versuche, daß für Zement, Sandstein und Granit die Druckfestigkeit geringer wird, wenn man die Endflächen einfettet, was er damit erklärte, daß die Reibung dann geringer wird. Würfel aus den genannten Stoffen zerbrachen nämlich bei der Hälfte, ja sogar bei ein Drittel bis ein Viertel der gewöhnlichen Bruchbelastung, wenn die Endflächen mit Stearin oder Wachs eingefettet wurden; und, weil das Zerdrücken zunächst dadurch stattfand, daß die Würfel mit der Druckrichtung parallel zerbrachen, erklärte Föppl den Vorgang damit, daß das Schmiermittel die Reibung verringere, welche sich einer nach außen gehenden Bewegung der gedrückten Endflächen der Würfel widersetze, so daß diese nunmehr leichter stattfinden könne. Martens meinte dagegen, daß das Schmiermittel, indem es in die Poren eines gedrückten Zementwürfels eindringt, eine Sprengung hervorrufe, so daß das Phänomen dasselbe werde, wie es aus früheren Versuchen mit Ziegelsteinen bekannt

[1]) Bmtk. 1900, S. 130.

[2]) Mitteil. aus dem mech.-techn. Laboratorium der kgl. techn. Hochschule, München, 27. Heft, 1900, S. 24—28.

Digitized by Google

gewesen war, nämlich daß diese leichter zerbrechen, wenn man sie zwischen Pappe als ohne solche zermalmt, weil die Pappe in die Vertiefungen der Steine hineindringt und zur Sprengung mitwirkt, nicht aber ihr Widerstandsvermögen steigert, wie man es aus der Wirkung der Pappe als druckverteilende Zwischenschicht hätte erwarten können.

Die besagte Martensche Ansicht wurde von Föppl durch weitere Versuche widerlegt, bei welchen das Eindringen des Schmiermittels in die Poren dadurch verhindert wurde, daß ein dünnes (0·1 mm dickes) Messingblech zwischen das zu prüfende Stück und das Schmiermittel eingeschoben wurde. Prof. Ostenfeld in Kopenhagen knüpfte an seine Besprechung der Föppl'schen Versuche[1]) folgende Äußerung: „Es ist somit unzweifelhaft, daß es Föppl gelungen ist, sich in hohem Grade von der Reibung frei zu machen". Dem gegenüber erklärte ich,[2]) dem Prof. Ostenfeld nicht beistimmen zu können, indem ich mich der Anschauung Prof. Kicks anschloß, daß keine Reibung vorhanden wäre, wenn kein Schmiermittel zur Anwendung kam, und somit auch keine Rede davon sein könnte, daß die Reibung aufgehoben worden sei.

Zum Beweis seiner Anschauung unternahm Prof. Kick einige Versuche, welche er in der „Baumaterialienkunde" 1900, S. 177 beschrieb. Kick drückte einen aus Porzellanmasse gebildeten Zylinder, dessen Endflächen mit Tusch geschwärzt waren, zwischen zwei Glasplatten, und es zeigte sich hiebei, wenn man durch eine der Glasplatten hineinblickte, daß der geschwärzte Kreis sich nicht ausdehnte, d. h. daß diejenigen Massenteile der Endflächen, welche beim Beginn des Versuches an den Druckplatten anlagen, an denselben anliegend blieben ohne nach außen verschoben zu werden, so daß also keine wirkliche (aktive) Reibung entstehen konnte. Aber um jeden der schwarzen Kreise herum legte sich allmälig anderes Material des Zylinders an den Glasplatten an, indem es da einen weißen Ring bildete. Selbst dann, wenn er den Versuch mit einem Zylinder von vulkanisiertem Kautschuk unternahm — was schon mittels Handkraft gemacht werden konnte — war das Ergebnis dasselbe. Prof. Kick meinte, es wäre ja auch merkwürdig gewesen, wenn das Material nach außen getrieben worden

[1]) „Ingenieuren" 1901, S. 368.
[2]) „Ingenieuren" 1904, S. 288.

Digitized by Google

wäre, da doch die Kräfte, welche übergeführt wurden, senkrecht gegen die Endflächen wirkten.

Dieses letztere Argument brachte mir die Anschauung bei, daß Kick recht habe, während seine Versuche kaum als überzeugend angesehen werden konnten, weil sie ja ohne Feinmessungen vorgenommen worden waren, und weil es ja möglich war, daß sich der schwarze Kreis nur so unbedeutend ausgedehnt hätte, daß die stattgefundene Ausdehnung nicht wahrzunehmen gewesen wäre.

Durch einen Zufall bin ich indes zu der Überzeugung gelangt, daß dieser Standpunkt ein unrichtiger ist. Es handelte sich nämlich darum, für Unterrichtszwecke ein Versuchsstück herzustellen, ähnlich dem mit B in Fig. 1 bezeichneten Bleiklotz, der durch einen über ihn gelegten Stahlklotz, S, gedrückt wird; der Stahlklotz ist mit drei Löchern versehen, um zu zeigen, daß das Blei in der Mitte des Klotzes sich unter einem stärkeren Druck befindet als das der Peripherie nähere, wo es leichter als in der Mitte ausweichen kann. Kick hat bei dem hier besprochenen Versuch, der in seiner Technologie S. 16 erwähnt wird, gefunden, daß das Blei in dem mittleren Loch höher stieg als in den beiden anderen und meinte somit den Beweis dafür erbracht zu haben, daß das Blei in der Mitte dem größeren Druck unterworfen ist. Bei den Versuchen, ein solches Unterrichtsobjekt zu beschaffen, zeigte es sich aber zu wiederholten Malen, daß das Blei nicht in

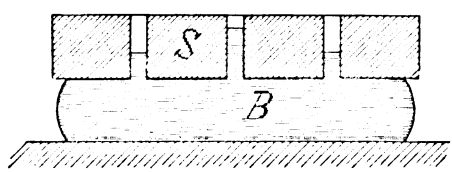


Fig. 1.

dem mitleren Loch am höchsten stieg, sondern in den beiden — oder in mehreren — exzentrisch angebrachten Löchern. Außerdem ergab sich die Eigentümlichkeit, daß die Oberfläche des Bleis in diesen Löchern schräg wurde, so daß das Blei nach der äußeren Seite hin am höchsten stieg. Dies ist aus Fig. 3 ersichtlich, wo es bei einem Druck von bis zu 10.800 kg in den drei Löchern außerhalb des Zentrums gestiegen ist; Fig. 2 zeigt einen ganz

Digitized by Google

ähnlichen Bleiklotz vor der Zusammenpressung. Für diesen Vorgang war keine andere Erklärung zu finden als diese: daß das Blei, gleichzeitig mit dem Aufsteigen in diesen Löchern, im Begriff stand, nach außen getrieben zu werden und dann, indem es gegen den äußersten Teil der Kante der Löcher gepreßt wurde, von dieser Kante abgeschabt wurde und in das Loch hinaufstieg. Aber in diesem Falle mußte somit das Blei, welches die Druck-

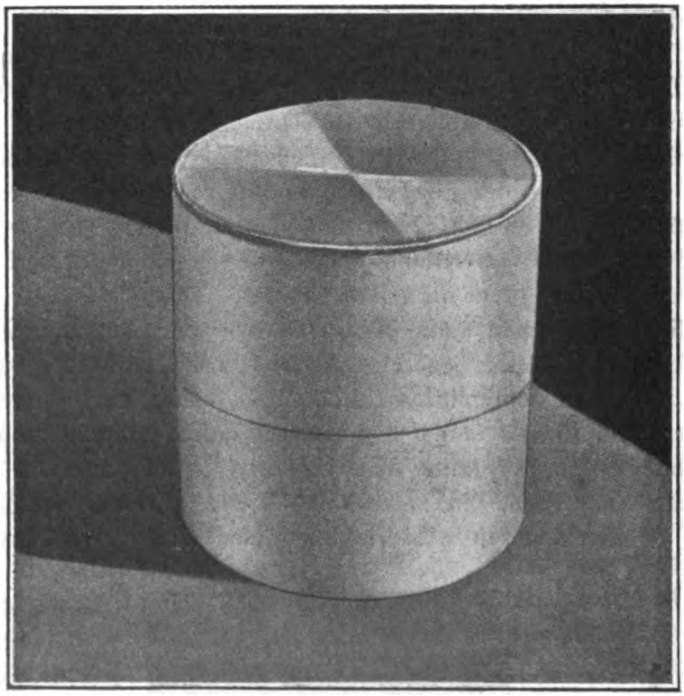


Fig. 2.

fläche berührte, auf dem Wege nach außen in Bewegung sein; somit mußte eine Reibung entstehen. Es erwies sich auch aus dem folgenden Versuch, daß das Blei auf Wanderung nach außen begriffen war. Im Bleiklotz — Fig. 4 — wurde in der Mitte ein Loch, b, gebohrt, und zwei andere, seitliche, a und c. Diese Löcher liegen in einer Reihe mit jenen des Stahlklotzes, aber sind etwas kleiner und wurden mit Wachs gefüllt. Infolge des Druckes stieg das Wachs in die Löcher des Stahlklotzes und zwar am höchsten in das mittlere Loch, weil sich dort das Blei unter

Digitized by Google

dem stärksten Druck befand. Das in die äußersten Löcher hinaufgestiegene Wachs erwies sich aber nach innen gebogen, indem es, als es nach außen geführt worden war, gegen den Rand der Löcher im Stahlklotz angestoßen hatte.

Die Frage war nunmehr die, wie die Bewegung nach außen entstehen konnte, wenn nur ein senkrechter Druck wirkte, und wenn es ausgeschlossen war, daß die Druckplatten und Endflächen fettig sein konnten, nachdem sie mittels Naphtha gereinigt

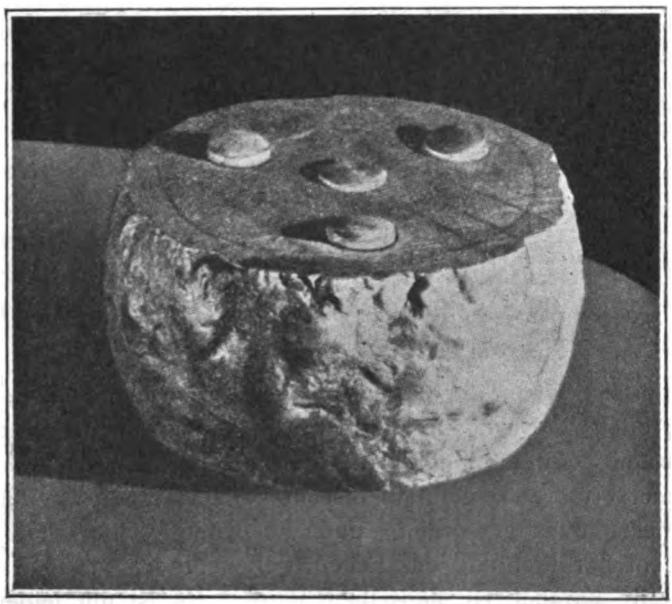


Fig. 3.

worden waren. Dies muß, meiner Meinung nach, in der Weise erklärt werden, daß durch den Druck von beiden Enden her Rutschkörper (Kegel oder Pyramiden) in den Bleiklotz hinein getrieben werden, und diese treiben die Teilchen des Bleies, welche um dieselben lagern, nach außen. Infolge des Zusammenhanges im Bleiklotz suchen die erwähnten Teilchen indes wieder andere mit sich zu nehmen, so auch die Teilchen in den Endflächen.

Ich habe nachher Prof. Kick von diesen Versuchen benachrichtigt und ihm ein Versuchsstück wie das in Fig. 3 dargestellte zugesandt, das einem Druck von 10.000 kg ausgesetzt worden war, nebst einem nicht gedrückten Bleiklotz und der Druckplatten,

Digitized by Google

damit er selbst die Versuche wiederholen könne, und ich berichtete ihm zugleich über folgende Versuche von Rudeloff und Föppl, die mir gleichzeitig bekannt wurden.

Rudeloff hat nämlich[1]) einen Kupferzylinder gedrückt, nachdem er zuvor dessen fein polierte Endflächen mittels Feilenstrichen oder mittels Hobeln fein parallel gestreift gemacht hatte. Beim Drücken zeigte es sich dann, daß die Endflächen oval wurden,

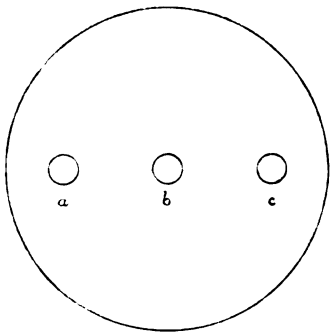


Fig. 4.

während sie, wenn die Feilen- oder Hobelstriche fehlten, kreisförmig blieben. Nach Angabe Rudeloffs war die Ursache nicht einfach die, daß die parallelen, dreieckigen Rillen der Endfläche ausgemerzt wurden, denn in diesem Falle wäre die Endfläche in der Weise oval geworden, daß die lange Achse der Ellipse senkrecht zur Richtung der Feilenstriche stünde, während sie im Gegenteil parallel zu denselben wurde. Es ist mir leider nicht gelungen, durch Wiederholung des Rudeloffschen Versuches dessen Richtigkeit konstatieren zu können.

Durch genaue Messung hat Föppl gezeigt,[2]) daß die Endfläche eines gestauchten Kupferzylinders sich erweiterte, wenn die Belastung entfernt wurde. Die Belastung hatte sich nämlich durch Reibung der Bewegung nach außen widersetzt, bis sie entfernt wurde.

Wie die Erweiterung der Endfläche stattfindet, ist auch an einem Bleiklotz leicht zu messen, denn bei dem Versuche — Fig. 3 — ist deutlich zu ersehen, welcher Teil der Endfläche ursprünglich

[1]) Lueger: Lexikon der ges. Technik, 2. Ausg., Bd. III, S. 144.

[2]) Mitteilungen aus dem mech.-techn. Laboratorium der kgl. techn. Hochschule zu München 1906. Heft 30, S. 14.

Digitized by Google

Endfläche war, und welcher Teil ursprünglich jenem oberen oder unteren Teil der Zylinderfläche angehörte, der sich infolge des Druckes wie ein Ring um die ursprüngliche Fläche herum gelegt hat. Zwischen diesen Teilen besteht nämlich ein Farbenunterschied, und es ist somit leicht festzustellen, daß der innere Teil gewachsen ist.

Gegenüber Föppls Versuch und der zuletzt angeführten Beobachtung machte Kick die Einwendung, daß sie nicht den Beweis erbracht hätten, daß Reibung vorhanden war, wenn nur senkrechter Druck ausgeübt wurde, denn tatsächlich hatte in diesen Fällen ein Rutschen entlang der Rutschkegel im Bleizylinder stattgefunden, wobei das neue Material, das sich an die Druckplatten wie ein Ring um das ursprüngliche Material anlegte, die Druckplatten in schräger Richtung traf und somit versuchte, sich nach außen und über dieselben hinweg zu bewegen, wobei also ein schiefer Druck entstand.

Nachdem Prof. Kick den in Fig. 3 gezeigten Versuch mit dem von mir gesandten Versuchsstück und den Druckplatten wiederholt hatte, hat er mir am 20. April v. J. einen Brief geschickt, in welchem er, bezüglich der Frage, ob Reibung stattfindet, nunmehr schreibt: „Diese Frage schließe ich jedoch in Ihrem Sinne hiermit ab und gebe meine ursprüngliche Ansicht auf. Die Reibung an den Druckplatten ist durch die secundäre Wirkung der Gleitbewegung der Massenteile der gepreßten Probestücke an den Rutschkegeln bedingt.

Hiermit schließe ich mich Ihrer Auffassung an".

Schlußbemerkung.

Nachdem somit die Auffassung, daß Reibung auftritt, wenn ein Körper zwischen zwei parallelen Flächen gedrückt wird, nunmehr auch von seiten eines Forschers vom Range Prof. Kicks geteilt wird, und damit, so weit bekannt, der letzte Widerstand gegen diese Anschauung aufgegeben ist, kann diese Frage als erledigt angesehen werden.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXVIII$_8$

ÜBER DEN ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER STRECKGRENZE UND DER KNICKLAST BEI STÄBEN DESSELBEN MATERIALES.

Von Professor **Otto Greger** in Wien.

Gelegentlich der Untersuchung von Eisenkonstruktionsteilen an der Versuchsanstalt für Bau- und Maschinenmaterial des k. k. Technologischen Gewerbe-Museums zu Wien wurden statische Erprobungen von Stäben aus gleichen Stücken einerseits auf die Zugfestigkeit und Dehnbarkeit, andererseits hinsichtlich der Knickfestigkeit durchgeführt. Das Material war durchwegs ein sehr zähes Flußeisen von einem und demselben Hüttenwerke. Die Konstruktionsteile waren Bleche, Winkel sowie ein Doppel-T-Träger.

Die Ergebnisse der Zerreißproben lieferten teilweise sehr niedrige Werte für die Streckgrenze, trotzdem die zugehörige Zugfestigkeit mitunter eine entsprechende war. Diese Unstimmigkeit führte zu der Überlegung, daß eine Knickformel, welche die Fließgrenze enthalten würde, die Knicklast mit größerer Genauigkeit als bisher zu berechnen gestatten würde.

In Verfolgung dieser Angelegenheit beantragte der Verfasser, der VI. Kongreß wolle die Frage „Zusammenhang zwischen der Streckgrenze und der Knicklast bei Stäben desselben Materiales“ in das Arbeitsprogramm aufnehmen, und begründete diesen Antrag folgendermaßen:

„Bei der heute mehr als je gebotenen, möglichst wirtschaftlichen Ausnützung der Konstruktionsmaterialien ist es notwendig, die Widerstandsfähigkeit der Baustoffe bis auf das äußerste auszunützen, also die Materialien tunlichst hoch zu beanspruchen, ohne die Sicherheit der Bauwerke dabei zu gefährden.

Digitized by Google

Dies setzt jedoch die Kenntnis der Proportionalitätsgrenze voraus. Letztere liegt aber bei Eisen in einem genügend genau bekannten Abstande unterhalb der Streckgrenze, die — wie erinnerlich — bei diesem Material mit der Quetschgrenze ziemlich gut übereinstimmt.

Es ist nun unbestritten, daß von der Streck(Quetsch)grenze die Höhe der Knicklast abhängig ist Die Streckgrenze, welche bei den Übernahmsproben leicht mitbestimmt werden könnte (was auch schon aus Gründen einer sorgfältigeren Probendurchführung wünschenswert wäre), ist jedoch in keiner der Knickformeln unmittelbar enthalten. Dort, wo sie gewissermaßen mittelbar erscheint, wie z. B. in der Tetmajerschen Formel, ist sie für jede der großen Materialgruppen ein- für allemal einheitlich angenommen.

Bei Verwendung anderer Formeln, wie etwa der von Euler, ergibt sich durch die gleichmäßige Wahl des Elastizitätsmaßes (bei Flußeisen oftmals 2,150.000 kg pro cm^2) für Stäbe gleicher Querschnittsverhältnisse und Schlankheit auch in jedem Falle dieselbe Knicklast. Tatsächlich wird jedoch die Knicklast wegen der Schwankungen der Streckgrenze in vielen Fällen sehr verschieden sein können.

Bei der Eulerschen Formel könnte diese Unstimmigkeit dadurch beseitigt werden, daß beim Herabsinken der Streckgrenze unter einen gewissen Betrag (z. B. 23 kg pro mm^2) auch der Elastizitätsmodul verringert werden müßte. Dies würde mit der Beobachtung des Antragstellers übereinstimmen, daß das Elastizitätsmaß bei Stäben mit Streckgrenzen unter zirka 22 kg pro mm^2 wesentlich niedriger sein kann, als die obengenannte Zahl beträgt."

Vom Vorstande des Internationalen Verbandes eingeladen, diese Beobachtungen bekanntzugeben, seien nunmehr die Versuchsergebnisse mit dem Bemerken veröffentlicht, daß durch das geringe Zahlenmaterial nur die weitere Verfolgung dieser Frage angeregt, letztere selbst aber keineswegs endgültig entschieden werden kann.

Vor allem ist gleich anzuführen, daß das gesamte Probematerial sehr hoch vorbeansprucht war und im nichtausgeglühten Zustande zur Untersuchung kam. Aus den Konstruktionsteilen wurden in der Walzrichtung unter möglichst beiderseitiger Belassung der Walzhaut Streifen herausgestochen. Das sodann vielfach erforderliche Geraderichten erfolgte durch vorsichtige Schläge mit einem Kupferhammer.

Digitized by Google

Aus den Streifen wurden gekehlte Flachprobestäbe von 15 bis 32 mm Breite im freien Teile für die Zerreißproben, sowie möglichst lange und schlanke Knickprobestäbe rechteckigen Querschnittes mit kreiskegelig unter 90 Graden zugespitzten Enden hergestellt. Sämtliche Proben wurden unter Benützung einer Emeryschen Universal-Festigkeitsmaschine von sehr hoher Genauigkeit (Kraftanzeige mittels Meßdose) durchgeführt. Die Knickprobestäbe wurden möglichst sorgfältig in die Maschinenachse eingebaut. Obwohl diese Stäbe so weit geradegerichtet worden waren, als sich dies eben erzielen ließ, wiesen sie doch Verkrümmungen bis zu etwa 0·5 mm Pfeilhöhe auf. Die Exzentrizitäten waren also im Verhältnis zu den geringen Querschnittsabmessungen immerhin nicht unwesentlich.

Die Stäbe für die Proben Nr. 2 waren in zirka 3 Meter Abstand von den Stäben Nr. 1 entnommen worden.

Tabelle I. **Zugfestigkeit und Dehnbarkeit.**

Konstruktionsteil	Probe Nr.	Mittlere Stabdicke in mm	Streckgrenze in kg pro mm²	Bruchgrenze in kg pro mm²	Bruchdehnung in %, für eine Meßlänge von $11{\cdot}3\sqrt{F}$	Bruchdehnung in %, für eine Meßlänge von $\sqrt{80.F}$	Einschnürung in %	Anmerkung
Blech 16 mm dick	1	16·0	21·7	35·4	30·1	33·0	66·0	Bruchfläche fehlerlos, samtartig, trichterförmig.
	2	16·6	22·4	37·6	31·9	34·2	53·2	
	im Mittel	**16·3**	**22·05**	**36·5**	**31·0**	**33·6**	**59·6**	
Blech 9 mm dick	1	8·8	24·2	36·1	30·0	31·9	65·0	detto
	2	8·7	24·1	33·6	32·3	33·8	57·2	
	im Mittel	**8·75**	**24·15**	**34·85**	**31·15**	**32·85**	**61·1**	
Blech 8 mm dick	1	7·9	21·7	33·8	24·6	28·1	68·9	detto
	2	8·15	24·9	33·6	33·5	35·7	65·9	
	im Mittel	**8·0**	**23·3**	**33·7**	**29·05**	**31·9**	**67·4**	
Winkel 165/97/15 mm	1	14·6	21·1	34·7	26·9	29·1	68·6	detto
	2	15·0	23·7	37·5	23·4	25·4	64·1	
	im Mittel	**14·8**	**22·4**	**36·1**	**25·15**	**27·25**	**66·35**	
Winkel 100/75/9 mm	1	9·15	23·4	34·1	31·5	33·4	77·1	detto
	2	9·0	22·3	34·5	29·9	32·6	75·9	
	im Mittel	**9·1**	**22·85**	**34·3**	**30·7**	**33·0**	**76·5**	
„I“-Träger Nr. 18	1	**8·3**	**24·2**	**35·0**	**23·2**	**25 3**	**74·6**	Walzhaut einseitig abgehobelt, Bruchfläche fehlerlos.

Digitized by Google

Als Streckgrenze wurde die spezifische Belastung bei einer totalen Dehnung der Meßlänge um 0·5 Prozent angegeben.

Die Bruchstellen lagen alle in genügendem Abstande von den Stabköpfen. Die Staboberflächen waren nach den Zerreißproben sämtlich unverändert fehlerlos (rißchen- und schieferfrei). Die Bruchdehnungen wurden mittels einer aufgetragenen Zentimeterteilung bei symmetrischer Anordnung der Meßlänge in bezug auf die Bruchstelle erhoben.

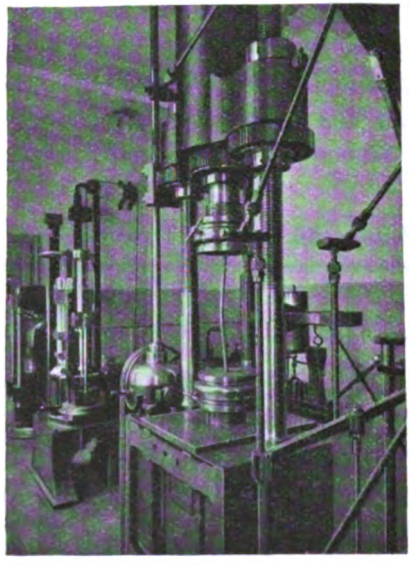


Fig. 1.

Ferner wurden mit an den Kanten abgerundeten Streifen sämtlicher Materialien Kaltbiegeproben bei stoßfreier Kraftwirkung vorgenommen. Diese Streifen konnten bis zur satten Aufeinanderlage der beiden Schenkel ohne jede Spur von Anrissen gebracht werden.

Hinsichtlich der Durchführung der Knickproben, deren Anordnung Fig. 1 zeigt, sei noch einiges nachgetragen. Die Stabspitzen wurden nämlich in allen Fällen so abgefeilt, daß ebene, zentrale Sitze von etwa 1 mm² Fläche bei Versuchsbeginn vorhanden waren. Da sich diese Sitze zum Teile durch die Stabbelastungen verdrückten, so wurden in der Tabelle II für die Knick-

Digitized by Google

längen die ursprünglichen Längen abzüglich der Verdrückungen angegeben. Die Elastizitätsmaße wurden unter Verwendung der Eulerschen Formel berechnet, da die Schlankheit der Stäbe dies als zulässig erscheinen ließ.

Auch hier waren die Stäbe für die Proben Nr. 2 in zirka 3 m Abstand von den Stäben Nr. 1 entnommen worden.

Bei dem Probestab aus dem I-Träger wurde die Walzhaut einseitig abgehobelt. Die Knickung dieses Stabes vollzog sich in der Weise, daß die überarbeitete Fläche auf die Druckseite zu liegen kam. Sämtliche Resultate sind mit Hilfe des Rechenstabes ermittelt worden und daher nur von jenem Genauigkeitsgrade, den dieses Werkzeug ergibt.

In der Tabelle II fallen besonders die starken Unterschie der nach der Eulerschen Formel berechneten Elastizitätsmaße auf.

Tabelle II.

Knickfestigkeit.

Konstruktionsteil	Probe Nr.	Mittlere Stabdicke in cm	Mittlere Stabbreite in cm	Knicklänge (l) in cm	Kleinstes Trägheitsmoment in cm⁴	$\frac{l}{\text{Schlankheit } i^*}$	Totale Knicklast in kg	Elastizitätsmaß in kg pro cm²
Blech 16 mm dick	1	1·60	3·18	67·45	1·0845	146	4532	1,924.000
	2	1·65	3·175	55·25	1·1875	116	6150	1,602.000
	im Mittel	**1·625**						**1,763.000**
Blech 9 mm dick	1	0·875	1·785	62·86	0·0996	249	464	1,865.000
	2	0·87	1·765	64·17	0·0969	256	429	1,849.000
	im Mittel	**0·87**						**1,857.000**
Blech 8 mm dick	1	0·79	1·575	60·10	0·0647	264	342	1,933.000
	2	0·80	1·655	69·45	0·0706	300	299	2,068.000
	im Mittel	**0·795**						**2 000.500**
Winkel 165/97/15 mm	1	1·48	1·725	47·48	0·4655	111	2770	1,358.000
	2	1·50	1·70	65·07	0·4778	151	2107	1,898.000
	im Mittel	**1·49**						**1.628.000**
Winkel 100/75/9 mm	1	0·915	1·70	51·44	0·1085	195	698	1,723.000
	2	0·91	1·695	50·17	0·1064	191	765	1,831.000
	im Mittel	**0·91**						**1,777.000**
„I"-Träger Nr. 18	1	**0·915**	1·87	53·44	0·1191	202	861	**2,091.000**

*) i ist der Trägheitshalbmesser.

Digitized by Google

Eine Kontrolle dieser Zahlen schien deshalb wünschenswert. Dieselbe wurde als Zugelastizitätsprobe an den bereits auf Knickung vorbeanspruchten Stäben Nr. 1 des 8 mm dicken Bleches und Nr. 1 des Winkels von 165/97/15 mm Querschnitt mittels einer Amslerschen Zerreißmaschine vorgenommen. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Knickbelastung (aus welcher das Elastizitätsmaß berechnet wurde) hauptsächlich eine starke örtliche Beanspruchung hervorruft, während bei der Bestimmung des Zugelastizitätsmaßes eine gleichmäßige Kraftverteilung über eine wesentlich größere und vor allem andere Stabstrecke erfolgt.

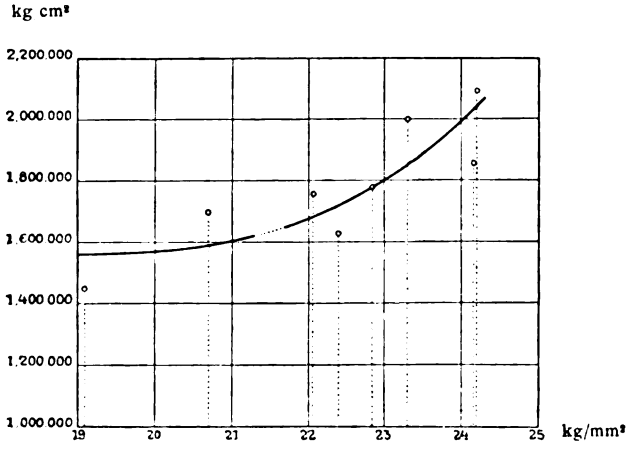


Fig. 2.

Ergebnisse der Zugelastizitätsproben.

Konstruktionsteil	Blech 8 mm:	Winkel 165/97/15 mm:
Proportionalitätsgrenze in kg pro mm² .	15·2	15·7
Fließgrenze*) in kg pro mm²	19·1	20·7
Bruchgrenze „ „ „ „	34·3	34·8
Bruchdehnung in % auf 11·3 $\sqrt{F}$ . .	25·8	27·5
„ „ % „ $\sqrt{80F}$	26·9	29·7
Einschnürung in %	78·0	64·5
Elastizitätsmaß in kg pro cm²	1,448.000	1,700.000

Bruchstellen: in genügendem Abstande von den Stabköpfen.
Bruchflächen: samtartig, trichterförmig, fehlerlos.

*) Im Spiegelapparat beobachtet, daher im allgemeinen etwas niedriger als die durch die totale Verlängerung der Meßstrecke um 0·5% bestimmte Streckgrenze.

Digitized by Google

Nunmehr wurden in einem Schaubilde Fig. 2 zu den Mittelwerten der Streckgrenzen für die einzelnen Materialien die zugehörigen Mittelwerte der aus der Eulerschen Formel berechneten Elastizitätsmaße eingetragen. Dadurch wurde die rechte Gruppe von Punkten erhalten. Die Ausgleichslinie dieser Punktgruppe läßt erkennen, daß bei den abgeführten Proben das Elastizitätsmaß mit der Streckgrenze fällt.

Ferner sind in Fig. 2 die beiden Ergebnisse der Zugelastizitätsproben eingetragen. Wie man sieht, fügen sich auch diese Werte zwanglos ein, so daß eine einheitliche Ausgleichslinie entsteht, die bei einer Streckgrenze von 19 kg pro mm² sich der horizontalen Richtung stark nähert.

Antrag:

Der Verband wolle die Frage über den Zusammenhang zwischen der Streckgrenze und der Knicklast bei Stäben desselben Materiales in sein Arbeitsgebiet aufnehmen.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIX1

GRUNDSÄTZE FÜR DIE ORGANISATION DES ÖFFENTLICHEN MATERIALPRÜFUNGSWESENS.

Auf Wunsch des Herrn Präsidenten für den VI. Kongreß des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik bearbeitet von

A. Martens,

Direktor des Königlich Preußischen Materialprüfungsamtes in Groß-Lichterfelde bei Berlin.

Das Materialprüfungswesen hat sich in den letzten 30 Jahren einen dauernden Platz im Wirtschaftsbetrieb der Staaten errungen. Es gibt heute eine große Reihe von Staaten, die es recht vollkommen ausgebildet haben, und andere sind zur Zeit bestrebt, es auf einen hohen Stand zu heben.

Wenn ich hier über die Organisation solcher Anstalten sprechen will, so habe ich vorauszuschicken, daß diese Organisation nach den Landesverhältnissen in den einzelnen Staaten verschieden sein muß. Da ich diese Verhältnisse aber nicht kenne und daher nicht berücksichtigen kann, wird man es für naheliegend erachten, wenn ich mich hauptsächlich an die Verhältnisse halte, wie sie in Groß-Lichterfelde maßgebend waren. Ich will mich aber an diese auch nur anlehnen, weil ich sie keineswegs für das ideal Vollkommenste halte und auch hier manches besser werden wird.

Zunächst seien die Grundsätze für die Einrichtung einer öffentlichen Materialprüfungsanstalt zusammengefaßt und anschließend hieran der Plan für einen großen Betrieb dieser Art angedeutet.

Eine gut ausgestaltete Materialprüfungsanstalt kann sehr wesentlich zur Förderung der Industrie und des Handels eines Landes beitragen, wenn sie den Bedürfnissen von Verbrauchern und Erzeugern der Materialien gerecht wird, aber von einseitigen Interessen dieser Kreise unbeeinflußt bleibt. Daher sollte diese

Digitized by Google

Stelle zwar vom Staate unterhalten werden, aber von den interessierten technischen Staatsbehörden (Eisenbahnen, Verkehrsanstalten, Militärbehörden u. a. m.) ebenso unbeeinflußt bleiben wie von den übrigen Interessenten. Ihr sollte lediglich die Verpflichtung auferlegt werden, frei nach den Regeln der wissenschaftlichen Technik und unter Anwendung aller Kunst mit den besten, stets unter Kontrolle gehaltenen Werkzeugen von größtem Zuverlässigkeitsgrade, Materialprüfungen auf Antrag eines jeden Staatsbürgers auszuführen und in Streitfällen auf Anrufen der Parteien als Schiedsrichter zu wirken.

Obwohl hiernach diese Stelle von jedermann angerufen werden darf, ist es dennoch nicht notwendig, daß sie ihre Arbeit unentgeltlich leistet, sondern es erscheint gerechtfertigt, daß man diese Arbeit demjenigen, der den Nutzen davon hat, auch in einem entsprechenden Maße, jedenfalls aber soweit in Rechnung stellt, daß der Arbeitsaufwand und die Prüfanlagen der Anstalt gedeckt werden. Fraglich mag es bleiben, ob auch im übrigen der Aufwand an Verwaltungskosten, an Grundstück- und Anlagekosten den Antragstellern voll aufzuerlegen sind. Meines Erachtens sollte man aber diesen Teil der Selbstkosten auf die allgemeine Staatskasse übernehmen, weil man von einer öffentlichen, vom Staate unterhaltenen Prüfanstalt, wie ich schon oben sagte, verlangen darf, daß sie nach allen Regeln der Kunst und der Wissenschaft geführt wird und daß sie unentgeltlich der Wissenschaft dient. Man wird im besonderen verlangen müssen, daß die Anstalt von sich aus, also auf Staatskosten, die Wissenschaft wenigstens in allen den Zweigen fördert, die zur vollkommenen Lösung der eigenen Aufgaben ausgebildet werden müssen. Das wird unabänderlich im Gefolge haben, daß der Anstalt auch solche Aufgaben zugewiesen werden, die zur allgemeinen Förderung von Handel und Gewerbe im Lande dienen, für die daher die Allgemeinheit, der Staat, einzutreten hat. Das schließt aber nicht aus, daß in besonderen Fällen große Interessentenkreise auf ihre Kosten gemeinsam die Anstalt in Anspruch nehmen und ihr große Aufträge erteilen. Das Prüfamt Groß-Lichterfelde hat gerade auf diese Weise sehr große Arbeiten gemeinsam mit bestimmten Gruppen der Industrie und der technischen Vereine Deutschlands ausgeführt.

Auch bei diesem Zustande wird man Aufgabe und Leistungen der Anstalt rein kaufmännisch einzuschätzen haben. Man hat

Digitized by Google

demnach streng darauf zu halten, daß nicht nur die dem einzelnen Staatsbürger unmittelbar geleistete Arbeit von ihm gedeckt wird, sondern daß auch dem im allgemeinen Interesse verausgabten Aufwand die entsprechende Einnahme an idealen, dem Staatswohl zunutze kommenden Leistungen gegenüberstehen. Der Betrag dieser Werte kann aber nicht von der Staatsverwaltung, insonderheit nicht vom Finanzminister eingeschätzt werden, sondern dazu gehört eine Körperschaft von Sachverständigen, die zugleich dauernd einen Beirat für die Leitung der Anstalt bilden könnte und die so zusammengesetzt und organisiert sein muß, daß an keiner Stelle einseitige Interessenrichtung geltend gemacht werden kann.

Deswegen sollte der Beirat ein auf Zeit beschränktes Ehrenamt sein, dem neben hohen Verwaltungsbeamten der vorgesetzten Staatsbehörde, Vertreter von technischen Körperschaften und technischen Behörden sowie von Handel und Industrie sitzen, so daß im Beirat alle Interessentenkreise zwar zum Wort kommen, aber die Anstalt nicht einseitig beeinflussen können. Die leitenden Personen der Anstalt sollten Sitz im Beirat haben, so daß sie persönlich zur Verantwortung gezogen werden, aber auch die Interessen des Betriebes im Beirat persönlich vertreten können.

Wenn der Anstalt, wie in Groß-Lichterfelde, das gesamte Gebiet der Materialprüfungen der Technik überwiesen werden soll, so wird man sie in mehrere Abteilungen gliedern müssen und wird die leitenden Stellen dieser Abteilungen mit sehr tüchtigen Sonderfachleuten besetzen müssen, so daß in den Abteilungen die Erfahrungen des Sonderfaches in hoher Vollkommenheit vertreten sind. Diesen Männern müssen gute Fachleute aus dem Gebiete der Abteilung und sonstiges Hilfspersonal in ausreichender Zahl zu Gebote stehen. Man wird guttun, den oberen Beamten eine feste Stellung zu gewähren, aber das Hilfspersonal am besten auf Widerruf anzustellen, damit ein reges Streben hervorgerufen wird und unpassende Elemente leicht ersetzt werden können.

Die Gesamtanlage der Anstalt wird man durch zweckmäßige Aneinandergliederung der einzelnen Abteilungen so gestalten, daß die einzelnen Räume sachgemäß nebeneinander liegen und von einer Zentrale aus mit Kraft, Licht, Wärme usw. versehen werden, dazu werden dann Zentralen für den inneren Verkehr (Fernsprecher) für Haus-, Hof- und Garten-Verwaltung, Bestellwesen, Materialverwaltung, Bücherei, Sammlungen usw. kommen.

Digitized by Google

Die Gesamtleitung wird man einem Direktorium übertragen, das die Vertretung der Anstalt nach außen hin zu übernehmen hätte und die Oberleitung über die allgemeinen und die wissenschaftlichen Arbeiten, während der Verkehr mit den Antragstellern am zweckmäßigsten den Abteilungsleitern, natürlich nach einheitlichen für das ganze Amt geltenden Grundsätzen erledigt wird.

Dem Gesamtbetriebe müssen für den Kanzlei- und Kassendienst die erforderlichen Räume und genügendes Personal verfügbar sein. Dazu kommen Empfangszimmer, Sitzungs- und Vorlesungsräume mit den erforderlichen Ausstattungen der Neuzeit.

Auch den einzelnen Abteilungen wird man Kanzleien und Registraturen geben müssen, damit sie die Prüfungszeugnisse, die Betriebsübersichten und wissenschaftlichen Ergebnisse des Abteilungsbetriebes im eigenen Kreise bearbeiten können; das ist notwendig, weil zu diesen Arbeiten genaue Fachkenntnis gehört.

Der allgemeine Betrieb untersteht in Groß-Lichterfelde dem Direktor, dem als Hilfskraft für diesen Teil ein ständiger technischer Mitarbeiter zur Seite steht. Der allgemeine Betrieb umfaßt die Dampfkesselanlage für die Beheizung des ganzen Amtes und für den Dampfmaschinenbetrieb, die elektrische und die hydraulische Anlage als Kraftquellen für die einzelnen Abteilungsbetriebe, das gesamte Leitungsnetz für Elektrizität, Gas, Wasser (Hochdruck- und städtische Wasserleitung), Dampf- und Entwässerungsleitungen, ferner das gesamte Reparaturwesen und die Erhaltung der Gebäude und Einrichtungen.

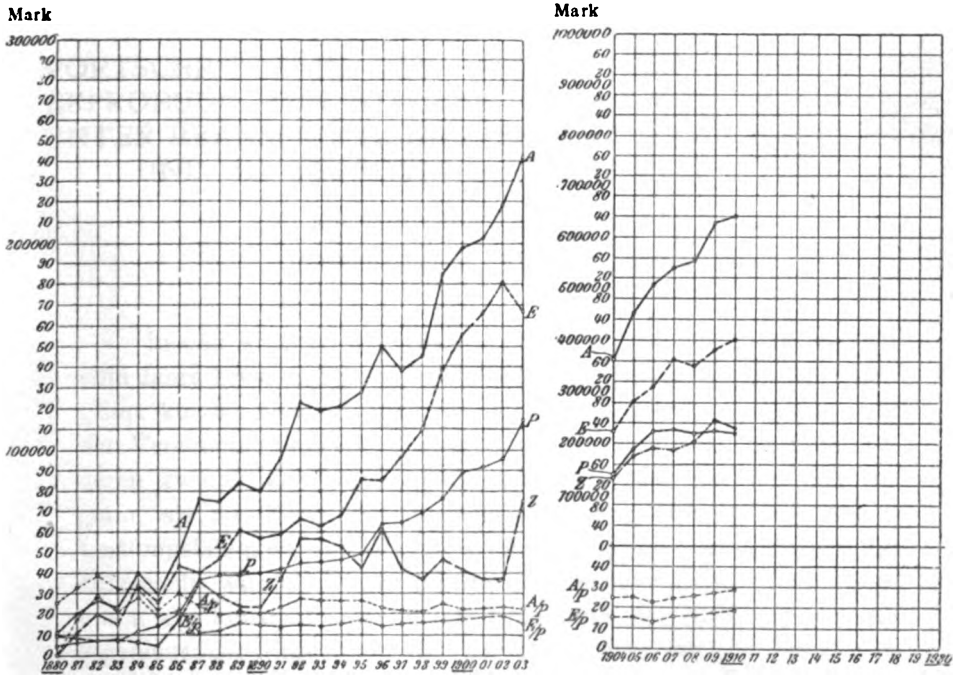
Ich nehme davon Abstand, hier auf weitere Einzelheiten aus dem Amte Groß-Lichterfelde einzugehen, weil diese mit großer Ausführlichkeit ebenso wie die Bauausführung und die Pläne der ganzen Anlage in einer Denkschrift beschrieben sind, die bei Eröffnung des Amtes im Jahre 1904 bei Julius Springer in Berlin erschienen und für den Preis von 10 Mk. jedermann zugänglich ist. Man findet darin ausführliche Auskunft über alle Einrichtungen, über Maschinen, Meßwerkzeuge usw.[1])

Um ein Bild über den Umfang zu geben, den eine gut ausgebaute Anstalt anzunehmen vermag, möge es genügen, wenn ich

[1]) Vergleiche auch die in englischer, französischer und russischer Übersetzung erschienene „Materialienkunde für den Maschinenbau", Teil I: Materialprüfungswesen, Probiermaschinen und Meßinstrumente von A. Martens, Teil IIA: Die wissenschaftlichen Grundlagen für das Studium der Metalle und Legierungen von E. Heyn. (Erschien vor kurzem.) Berlin, Julius Springer.

Digitized by Google

aus dem letzten Jahresberichte von Groß-Lichterfelde anführe, daß die Einnahmen des Amtes aus Prüfungsaufträgen etwa 400.000 Mk. und die Ausgabe etwa 640.000 Mk. betrug, während die Zahl der beschäftigten Personen auf etwa 230 anwuchs; davon 75 akademisch gebildete und 38 Techniker mit Fachschulbildung, sowie über 70 Gehilfen und Arbeiter. Das Amt zerfällt in 6 Abteilungen und zwar: Abteilung 1 für Metallprüfung, Abteilung 2 für Baumaterialprüfung,



a b

Wachstum des Betriebes

a) der Königlichen Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt Charlottenburg. b) des Königlichen Materialprüfungsamtes Groß-Lichterfelde.

Zeichenerklärung: E = Einnahme, A = Ausgabe, Z = Staatszuschuß, P = Personenzahl × 1000

Abteilung 3 für papier- und textiltechnische Prüfungen, Abteilung 4 für Metallographie, Abteilung 5 für allgemeine Chemie und Abteilung 6 für Ölprüfung, die alle in diese Gebiete fallenden Materialprüfungen ausführen und Gutachten über hierhergehörige Fragen abgeben.

In welchem Maße das Bedürfnis der Technik das Wachstum des Amtes herbeiführte, erkennt man leicht aus dem regelmäßigen Ansteigen der Linien im obenstehenden Bilde.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIX 2

FORTSCHRITTE IN DEN VEREINIGTEN STAATEN BEI ERPROBUNG VON STÜCKEN IN NATÜRLICHER GRÖSSE UNTER BEANSPRUCHUNGSVERHÄLTNISSEN DER PRAXIS UND BEI ERPROBUNG VON LOKOMOTIVEN.

Von **Gaetano Lanza**, Philadelphia, Pa.

(Übersetzt von Ing. J. Fleischmann.)

In den Arbeiten der „American Society for Testing Materials" vom Jahre 1904 erschien vom Verfasser ein Artikel unter dem Titel: „Eine kurze Übersicht über den Stand der Materialerprobungen in den Vereinigten Staaten". Dieser Artikel umfaßte zwei Zeitabschnitte, deren zweiter kurz nach 1875, oder ungefähr um die Zeit begann, als die Emery-Versuchsmaschine von 800.000 lbs (363 t) Leistungsfähigkeit vom Watertown Arsenal konstruiert und dortselbst aufgestellt wurde. Dieser zweite Zeitabschnitt kennzeichnete sich durch die konstant zunehmende Erkenntnis der Tatsache, daß der Ingenieur der Ergebnisse der Erprobung von fertigen Stücken in natürlicher Größe unter praktischen Verhältnissen bedarf, um die Konstanten kennen zu lernen, die er bei den Entwürfen der Pläne von Konstruktionen und Maschinen anzuwenden hat, und um ferner die theoretischen Überlegungen, auf welchen seine Berechnungen basieren, bestätigen oder aber als unzutreffend verwerfen zu können.

Die Versuche dieser zweiten Periode wurden in dem erwähnten Artikel eingeteilt in:

1. Versuche, um sich eines guten Materiales und zweckmäßiger Vorschriften zu vergewissern.

2. Versuche an Stücken in natürlicher Größe unter Beanspruchungsverhältnissen der Praxis.

Digitized by Google

3. Untersuchungen zum Zwecke der Feststellung des Gesetzes der Veränderungen, welchen die verschiedenen Eigenschaften eines Körpers unterliegen.

Mit der ersten dieser Kategorien wird sich die vorliegende Abhandlung nicht befassen, wiewohl sie außerordentlich wichtig ist und die „American Society for Testing Materials“ *) den Hauptteil ihrer Bemühungen darauf verwendet hat, sondern es sollen hier insbesondere die Fortschritte gezeigt werden, welche bei den Versuchen der zweiten Kategorie gemacht worden sind.

In früherer Zeit war es die beschränkte Leistungsfähigkeit der in Anwendung gestandenen Versuchsmaschinen, die die Möglichkeiten dieser Forschungsart hemmte; da nun aber die Entwicklung dieser Proben notwendigerweise mit dem Anwachsen der Leistungsfähigkeit dieser Maschinen Hand in Hand gehen muß, hat die Erkenntnis der Notwendigkeit dieser Probeergebnisse zur Konstruktion leistungsfähigerer Maschinen geführt, deren Besitz nunmehr die Durchführung solcher Versuche ermöglicht.

Während Biegeproben mit gewissen fertigen Stücken schon mittels Maschinen mit einer Leistungsfähigkeit von 100.000 lbs. (rund 45 t) durchgeführt werden können, erscheint die Durchführung von Zug- und Druckproben an fertigen Stücken mit Maschinen von weniger als 300.000 lbs. (135 t) praktisch unmöglich, und in vielen Fällen ist eine noch größere Leistungsfähigkeit erforderlich.

Der Verfasser bemühte sich, festzustellen, welche Versuche mit fertigen Stücken hierzulande durchgeführt wurden und werden und trachtete auch, die Art der gefundenen Resultate zu bestimmen. In der folgenden Zusammenfassung erscheinen alle in den Vereinigten Staaten befindlichen Versuchsmaschinen von 300.000 lbs. (135 t) Kapazität und darüber angeführt. Die dem Verfasser dieserhalb zur Verfügung stehenden Daten können, ohne wohl einen Anspruch auf Vollständigkeit zu machen, als umfassend bezeichnet werden.

Es ist selbstverständlich, daß die Erprobung fertiger Stücke in den Vereinigten Staaten sich seit dem Jahre 1875 enorm entwickelt hat und daß sich heute mächtige Versuchsmaschinen im Besitze der Laboratorien mancher Industriegesellschaften, wie: Eisenwerke, Brückenbauanstalten, Eisenbahnen, Versuchslaboratorien und Ingenieurschulen befinden. Die mit diesen Maschinen durchgeführten Arbeiten kann man folgendermaßen einteilen:

*) Amerikanischer Verband für die Materialprüfungen der Technik.

Digitized by Google

1. Versuche, die im Interesse der Öffentlichkeit unternommen wurden; die Resultate derselben sind meist veröffentlicht worden und für alle Techniker verwertbar.

2. Versuche, die in erster Linie im Interesse des dieselben ausführenden Werkes unternommen wurden, die aber ihrer Natur nach keinen Anlaß zur Geheimhaltung seitens der betreffenden Firma bieten. Der größte Teil derselben ist auch veröffentlicht worden und infolgedessen verwertbar.

3. Versuche, die zu dem Zwecke unternommen wurden, um einige jener Probleme zu lösen, welche sich in Verbindung mit den von den Firmen durchzuführenden Arbeiten ergeben und deren Resultate dieselben ihrer Konkurrenz nicht preiszugeben wünschen.

Zur ersten Kategorie gehören auch jene Resultate, die von den Regierungslaboratorien und den Ingenieurschulen erzielt wurden. Das Bestehen der zweiten und dritten Kategorie macht es begreiflich, daß viele große Firmen es nicht nur als vorteilhaft, sondern sogar als notwendig empfinden, mit leistungsfähigen Versuchsmaschinen ausgestattet zu sein, um die in ihrem Betriebe auftretenden Probleme ösen zu können.

Regierungslaboratorien.

Arbeiten mit fertigen Stücken in natürlicher Größe wurden von folgenden Regierungslaboratorien durchgeführt: „Bureau of Standards" (vom Arbeits- und Handels-Departement) „Watertown Arsenal" (vom Ordonance-Bureau, Kriegsdepartement), „Agricultural Department", „Geological Survey (vom Departement des Innern).

Wenn wir diese Arbeiten chronologisch betrachten, so kommt in erster Linie

1. jene des Watertown Arsenal. Die bald nach 1875 erfolgte Anschaffung der bekannten Emery-Probemaschine von 800.000 lbs. (363 t) Leistungsfähigkeit bot dem Arsenal einen weiten Vorsprung in bezug auf die Erprobung fertiger Stücke und es ließ derartige Versuche zu einer Zeit durchführen, da hiefür anderweitig nur geringe Möglichkeiten bestanden und die Notwendigkeit der Ergebnisse einer solchen Prüfung noch nicht so wie heute erkannt worden war. Es kann daher nicht überraschen, daß die Summe der mit dieser Maschine durchgeführten Versuche eine außerordentlich große ist und daß die Watertown-Ergebnisse auf die Ingenieurpraxis einen bedeutenden Einfluß ausgeübt haben. Aus der Reihe

Digitized by Google

der durchgeführten Untersuchungen, deren Ergebnisse man in den „Test of Metals“ (Metallprüfungen) betitelten Watertown-Berichten findet, die sich vom Jahre 1880 bis zum Jahre 1905 erstrecken, seien folgende erwähnt: Zerreißproben mit großen Augenstäben, starken Draht- und anderen Seilen; Proben mit Nietverbindungen mit sechs oder mehr Nieten und mit Bolzenverbindungen; Druckproben mit Schmiedeeisen- und Stahlsäulen, Gußeisensäulen, einfachen und zusammengesetzten Bauholzsäulen, armierten Betonsäulen der verschiedensten Gattungen, Mauerpfeilern, großen Steinblöcken; Untersuchungen der Ursachen von Schienendefekten; Untersuchungen der Wirkungen wiederholter Beanspruchungen auf Metalle; verschiedenartige Versuche in betreff der Festigkeit und anderer Eigenschaften der Metalle zu Übernahmszwecken.

Das ist lediglich ein kurzer und unvollständiger Auszug. Neben den im Interesse der Öffentlichkeit durchgeführten Proben wurden auch viele für Privatfirmen vorgenommen, deren Ergebnisse in der Regel nicht zur Veröffentlichung gelangten.

Jede der angeführten Kategorien kann wieder in eine Anzahl Unterarten geteilt werden. So schlossen die Versuche mit armierten Betonsäulen eine lange und eingehende Untersuchung der Wirkungen der verschiedenen Armierungsarten in sich. Es wurden auch verschiedene Eigenschaften von Beton studiert, darunter auch die Wirkung hoher Temperaturen. Die Untersuchung von Schienendefekten beinhaltete auch Untersuchungen bezüglich des den verschiedenen Ingotteilen entstammenden Stahles und erstreckte sich auch auf Mängel im Ingot selbst. Es wurden weiters Proben vorgenommen hinsichtlich der Wirkung hoher Temperaturen auf Stahl und auf Nietenverbindungen.

2. Es folgen dann zunächst die Versuche des „Bureau of Forestry“ und des „Agriculture Department“ hinsichtlich der Festigkeit von Bauholzstücken natürlicher Größe. Diese Versuchsreihe wurde ungefähr im Jahre 1903 begonnen. (Eine frühere Serie von Bauholzversuchen desselben Bureaus betraf hauptsächlich solche mit kleinen Probestücken.) Es wurden hauptsächlich folgende Bauhölzer untersucht: grobfaserige Fichte[1]), langnadelige Fichte, kurznadelige Fichte[2]), Douglas Kiefer[3]), Western-Lärche[4]), Tamarack[5]), Western-Hemlocktanne[6]) und rotes Sandelholz[7]).

[1]) Pinus taeda. [2]) Pinus echinata. [3]) Pseudotsuga taxifolia. [4]) Larix occidentalis. [5]) Larix Laricina. [6]) Tsuga Heterophylla. [7]) Red wood.

Digitized by Google

3. Das „Bureau of Standards“ (vom Departement für Handel und Arbeit) führt nunmehr auch Fertigstückproben durch und speziell auf dieses Bureau müssen wir in Hinkunft bei solchen Proben unser Augenmerk richten.

Es werden dort wohl erst seit drei oder vier Jahren Materialfestigkeitsproben in ausgedehnterem Umfange unternommen, doch befinden sich dort zurzeit zwei Emery-Probemaschinen in Konstruktion, deren größere eine Leistungsfähigkeit von 2,300.000 lbs. (1045 t) auf Druck und 1,115.000 lbs. (510 t) auf Zug besitzt. Daneben besitzt das Bureau bereits eine Anzahl von Olsen- und Riehle-Maschinen. Überdies wurden die Laboratorien für Materialprüfung, die früher unter der Leitung der „Geological Survey“ standen und sich größtenteils mit der Prüfung von Beton und armiertem Beton befaßten, dem „Bureau of Standards“ angeschlossen, wodurch dem letzteren noch eine große Anzahl von Maschinen zufiel, deren größte, eine Olsen-Maschine mit 10,000.000 lbs. (4530 t) Leistungsfähigkeit zurzeit gerade aufgestellt wird.

Noch vor dieser Ergänzung der Einrichtungen wurde das Bureau beauftragt, eine Anzahl genauer Messungen an Konstruktionen in verschiedenen Teilen der vereinigten Staaten vorzunehmen. Diese Messungen wurden an Brücken, Gebäuden, Straßenpflasterungen, Kesseln durchgeführt und erstreckten sich auch auf die Sperrtore des Panamakanales. Das Bureau bereitet auch die Erprobung zusammengesetzter Stahlsäulen in voller Größe vor und führt auch Versuche mit Stahlschienen durch.

4. Die vom „Geological Survey“ durchgeführten Arbeiten wurden kürzlich vom „Bureau Standards“ veröffentlicht. (Siehe „Technologic Paper“ No. 2.)

Das Hauptlaboratorium wurde auf den Gründen der Ausstellung von St. Louis 1904 gebaut. Es befaßte sich hauptsächlich mit Beton und armiertem Beton und die Versuche wurden unter der Leitung des „Geological Survey“ und unter Mitwirkung des „Vereinigten Komitees für armierten Beton“ (Joint Committee on Reinforced Concrete) durchgeführt. Die betreffende Arbeit behandelte speziell armierte Betonträger, enthielt aber auch Abhandlungen über Beton und Zement und Mörtel.

Digitized by Google

Industrielle Laboratorien.

Zu den Stahl- und Brückenwerken übergehend, finden wir, daß die zwei leistungsfähigsten Maschinen

1. die Prüfungsmaschine der „Phönix Bridge Co." mit 2,400.000 lbs. (1090 t) für Zug und Druck, in Phoenixville, Pa., und

2. die Prüfungsmaschine der „American Bridge Co." mit 4,000.000 lbs. (1820 t) für Zug allein, aufgestellt in Ambridge, Pa., sind.

Die Phoenixville-Maschine wurde 1864 gebaut und seinerzeit zumeist zur Erprobung fertiger Augenstäbe für die bedeutenden Bahnen, Fabrikanten und Ingenieurkonsulenten verwendet; auch zu der Prüfung der aus Blechen hergestellten Augenstäbe für die größeren New Yorker-Brücken. Diese Maschine erprobte auch Augenstäbe aus Nickelstahl im Querschnitte von 18×2 Zoll (457×51 mm). Später wurden mancherlei Druckproben mit naturgroßen Stücken für verschiedene Bahnen etc. durchgeführt, von welchen ein Teil Spezialstudien über das Verhalten der Augenbolzenplatten, Nieten und anderer Details in sich schloß. Jüngster Zeit wurden mehr als 50 Proben mit Druckgliedern, und zwar aus Nickelstahl und Kohlenstoffstahl durchgeführt, die auch Studien über die Bewegungen des Materiales, über die Wirkung der Nieten, Bolzenplatten und andere Details enthielten. Ferner wurde eine große Anzahl von Proben mit Zugverbindungen und Zuggliedern für Brücken durchgeführt, ebenso ungefähr 20 Versuche mit kleinen Modellen von großen Druckgliedern für die Quebec-Brücke.

Die Ambridge-Versuchsmaschine wurde 1904 nach den Plänen von James Christie gebaut. Ihre Leistungsfähigkeit beträgt 4,000.000 lbs. (1816 t); die größte Belastung, die sie bisher ausgehalten hatte, betrug 3,500.000 lbs. (1590 t) bei Erprobung von Vanadiumstahl-Jochen für die Sperrtore des Panamakanales. Bis 17. Mai 1912 hatte diese Maschine 1750 Augenstäbe erprobt, die bis auf 166 Stück durchwegs in Ambridge hergestellt worden waren. Auch wurden ungefähr 250 Versuche mit Trägern, Gußstücken, Kupplungen etc. durchgeführt. In Ambridge wurden die Augenstäbe vieler Brückenwerke geschmiedet und erprobt, so z. B. für fast alle großen Bahnen in den Vereinigten Staaten und für Bahnen in Japan, Korea, China, Südamerika, Mexiko und Kanada.

Die Ergebnisse vieler in Ambridge und Phoenixville durchgeführten Augenstabproben sowie vieler in Phoenixville gemachten Proben mit Säulen in Naturgröße sind auch veröffentlicht worden.

Digitized by Google

Im folgenden sei ein Verzeichnis der Stahlwerke angeführt, welche mit Probemaschinen von mehr als 300.000 lbs. (135 t) Leistungsfähigkeit ausgestattet sind. Diese Maschinen sind sowohl solche der Olsen-, wie auch der Riehle-Type; das Verzeichnis ist nach den Angaben der betreffenden Maschinenerzeuger aufgestellt:

American Steel & Wire Co.	600.000 lbs.	(272 t)
Pressed Steel Car Co.	600.000 „	
Scullin, Gallagher Iron & Steel Co. .	500.000 „	(225 t)
American Steel Fondries Co. . . .	400.000 „	(180 t)
Bethlehem Steel Co.	400.000 „	
Carnegie Steel Co., Pittsburg, Pa. . .	400.000 „	
Carnegie Steel Co., Charlton, Pa. . .	400.000 „	
Carnegie Steel Co., Munnall, Pa. . .	400.000 „	
Midvale Steel Co.	400.000 „	
Johnson Co.	400.000 „	
Jones & Laughlin	400.000 „	
Inland Steel Co.	400.000 „	
Lorain Steel Co.	400.000 „	
Meconway & Torley Co.	400.000 „	
Republic Iron and Steel Co.	400.000 „	
Worth Brothers	400.000 „	

Viele Stahlwerke sind mit Versuchsmaschinen von 300.000 lbs. (136 t) Leistungsfähigkeit ausgestattet.

Mit diesen Maschinen wurden unter anderem folgende Arbeiten durchgeführt: Versuche mit Drahtseilen; Versuche mit fertigbearbeiteten Stücken; Versuche mit Fertigformen; Versuche mit Kesselrohren; Schlag- und Biegeproben mit Schienen und Achsen; Schlagproben mit Radreifen; Proben mit M. C. B.-Kupplungen; Proben mit Schienenverbindungen.

Anfragen bei den Bahnen in betreff der Versuche mit naturgroßen Stücken lieferten die Daten für die folgende Zusammenstellung:

Atchison, Topeka & Sante Fe: Fertige Augenstabproben, ausgeführt in Ambridge.

Baltimore & Ohio R. R. (die eine Olsen-Maschine von 600.000 lbs. [272 t] besitzt). Proben gelegentlich der Untersuchung mit Augenstäben in natürlicher Größe; Extensometerproben an Brückengliedern. Einen näheren Bericht über diese Proben enthält

Digitized by Google

ein Aufsatz von J. E. Greiner in den Abhandlungen der „American Society of Civil Engineers".

Chicago, Burlington & Quincy R. R. Versuche mit untereinander verbundenen Langschwellen, meist Schlagproben, worüber sich näheres in einem Bericht des Komitees des „Master Car Builders Association" findet.

Chicago, Milwaukee & St. Paul: Versuche mit Bauholzbögen, Onward Bates, 1890; Versuche mit armierten Betonträgern, von J. J. Hardy, 1904, 1905; Versuche mit eisernen Rollblöcken, durchgeführt an der Universität zu Wisconsin, 1908. Die Versuche von Onward Bates wurden in den Abhandlungen der „American Society of Civil Engineers", die übrigen in denen der „Western Society of Engineers" veröffentlicht.

New York Central: Ganze Augenstäbe; eine vollmaßige Deckplatte, die einem eingebauten Blechträger entnommen wurde; Biegeproben mit Schienen; Bremsstangen; Achsbüchsen; Zugstangen; Achsen, Kupplungen, Wagenräder mit Schlagproben; Lokomotiv-Seitenrahmen.

Pennsylvania R. R.: Naturgroße Augenstäbe und Druckglieder, von C. P. Buchanan (Bericht in den „Engineering News"); naturgroße Druckglieder, von J. E. Howard und C. P. Buchanan (veröffentlicht in den Abhandlungen der „American Society of Civil Engineers"); Ketten und Kupplungen.

Die folgenden Firmen, welche weder den Stahlwerken noch den Bahnen angehören, berichten über folgende Versuche mit Ganzstücken:

General Electric Co: Verankerung der Polschuhe am Magnetkern im Drehfeld; Versicherung der Schaufelschäfte am Radkranz der Turbinen.

Robert W. Hunt Co.: Augenstäbe; Säulen aus Ziegel und aus armiertem Beton; Bodenplatte und Wände aus armiertem Beton.

Pittsburgh Testing Laboratory (das eine 600.000 lbs. [272 t] Olsenmaschine besitzt): Augenstäbe und Brückenglieder in Fertigmaßen.

Baldwin Locomotive Works: Ausgleichsträger; große Stäbe.

Ingenieurschulen und Versuchsstationen.

Die folgenden Angaben über diverse Arten von Proben mit fertigen Stücken, die in verschiedenen Ingenieurschulen durchgeführt wurden, erhielt der Verfasser auf seine Anfragen hin. Zweifel-

Digitized by Google

los werden auch noch anderswo derartige Proben vorgenommen. Wenn also auch die Liste keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann, dient sie doch dazu, um zu zeigen, in welcher Weise diese Schulen Interesse an derartigen Versuchen nehmen.

Universität Illinois (stärkste Versuchsmaschine, 600.000 lbs. [272 t] Leistungsfähigkeit): Beton; armierte Betonträger und -säulen; Durchlaßröhren aus armiertem Beton und Gußeisen; Schnellarbeitsstahl; Röhren unter Außendruck; Dachhängewerke; Kettenglieder; Grund- und Stützplatten für Säulen und Träger; Holzträger; genietete Säulen; Nietenverbindungen von Nickelstahl; Haltfestigkeit bei Schienennägeln; Mauerziegelsäulen und Säulen aus Terrakottablöcken.

Universität Ledigh (stärkste Versuchsmaschine 800.000 lbs. 363 t] Leistungsfähigkeit): Versuche mit glatten und armierten Betonsäulen.

Technologisches Institut Massachusetts (stärkste allgemeine Versuchsmaschine 300.000 lbs. [136 t] Leistungsfähigkeit; besitzt auch eine Bogenprüfmaschine von 400.000 lbs. [180 t] Leistungsfähigkeit): Zugproben mit verschraubten und genieteten Verbindungen, Drahtseilen, Baumwolle-, Manila- und Hanfseilen, Knoten und Schlingen, Beton; Druckproben mit Ziegeln und Ziegelpfeilern, schmiedeisernen Rohrsäulen, Holzsäulen mit und ohne Stützen, Bauholz quer zur Faser, Beton und armierte Betonsäulen (einschließlich solcher bei hoher Temperatur); gußeiserne Wasserrohre; Querproben mit Schmiedeeisen und I-Trägern aus Flußeisen, gemauerte Bögen, Holzträger, Bindestein und andere Rahmenverbindungen, gespaltene Granit-Eckverbindungsplatten, Riemenscheiben und Radkränze; Torsionsproben mit schmiedeeisernen Wellen, Stahlwellen (auch kaltgewalzte) Flanschenkupplungen.

Universität Pennsylvania (stärkste Versuchsmaschine 600.000 lbs. [272 t] Leistungsfähigkeit): Armierte Betonträger, I-Träger aus Flußeisen, Betonpfeiler und -säulen, Betonzylinder, Stahlsäulen, Betonbögen.

Universität Purdue (stärkste Versuchsmaschine 300.000 lbs. [136 t] Leistungsfähigkeit): Bremsstangen, Wagenpuffer; fertige Stücke; Bauholzträger.

Rensselaer Polytechnisches Institut (stärkste Versuchsmaschine 1,200.000 lbs. [550 t] Leistungsfähigkeit): Fertige Büchereistellagen; Verbindungen überlappter Bleche (Lappverbindungen)

Digitized by Google

Gasometer; Gußstahlschienenverbindungen; Dynamometerkaliber für Dynamometerwagen; Wagenkupplungen; betonierte Rohrsäulen; dem Feuer ausgesetzte Betonmischungen; armierte Betonträger.

Universität West Virginia (stärkste Versuchsmaschine 600.000 lbs. [272 t] Leistungsfähigkeit): Ziegelsteine; hölzerne Träger.

Universität Wisconsin (stärkste Versuchsmaschine 600.000 lbs. Leistungsfähigkeit): Rahmen und armierten Beton, einschließlich Trägern und Säulen und einschließlich der Wirkung von wiederholter und exzentrischer Belastung; Verbindungen zwischen Beton und Stahl in armierten Betonträgern.

Die obige Zusammenstellung der derartigen in Amerika durchgeführten Arbeiten zeigt, ohne vollständig zu sein, den enormen Fortschritt, der in letzter Zeit in der Erprobung von Ganzstücken unter praktischen Beanspruchungsverhältnissen gemacht worden ist.

Anderweitige Proben mit Stücken von natürlicher Größe.

Soweit ist also der vorliegende Artikel ausschließlich dem Fortschritt gewidmet gewesen, der in den Vereinigten Staaten bei Erprobung von Stücken natürlicher Größe unter praktischen Beanspruchungsbedingungen gemacht wurde, wobei stets bezweckt wurde, die Festigkeit und andere Widerstandseigenschaften des Materiales zu bestimmen. Die Erprobung von Maschinen jedoch und speziell Versuche mit Antriebsmaschinen und anderen Motoren bietet ein instruktives Analogon zu Versuchen mit Stücken in natürlicher Größe, weil dabei dasselbe Prinzip gilt, nämlich daß die Ergebnisse, die man mit Versuchen an kleinen Modellen erzielt, wenn sie auch anregend sein mögen und wertvolle Aufschlüsse liefern, doch nicht allen Bedingungen Rechnung tragen, die für den Fall eines naturgroßen Stückes oder einer solchen Maschine gelten und daß es unrichtig wäre, aus den Versuchsergebnissen mit Modellen auf das praktische Verhalten schließen zu wollen.

Ein Versuch, alle jene Fälle aufzuzählen, wo solche Untersuchungen von Bedeutung sind, würde zu umfangreich ausfallen, doch mögen eine Anzahl als Beispiele angeführt werden: Fahrproben mit Lokomotiven, mit oder ohne Zuhilfenahme von Dynamometerwagen; Standproben mit Lokomotiven; Proben mit Marinemotoren und Ziehproben; Versuche mit stabilen Antriebsmaschinen; Kraftmessungsproben einschließlich der Reibungsverluste innerhalb des

Digitized by Google

ganzen Werks- oder Fabrikationsvorganges; Proben mit Elektromotoren; Versuche bezüglich des Gleichmäßigkeitsgrades schnellaufender Rotationsmaschinen, wie: Dynamos, Zentrifugalmaschinen etc. Für solche Fälle ist das obenerwähnte Prinzip — vor allem auch deshalb weil die Zahl derartiger Proben beständig zunimmt und der Genauigkeitsgrad, unter welchem dieselben durchgeführt werden, wächst — schon viel früher als maßgebend erkannt worden, als in betreff der Untersuchungen bezüglich der Materialfestigkeit.

Bei Betrachtung der hier in Rede stehenden Experimente erscheint als bedeutendster Fortschritt derjenige einer größeren, wissenschaftlichen Genauigkeit. So werden heute Versuche von derart kurzer Zeitdauer, daß die genaue Bestimmung des Kohlenverbrauches unmöglich ist, immer seltener und ihre Anerkennung immer geringer.

Von diesen verschiedenen Kategorien sollen hier nur die Stand- und Fahrproben mit Lokomotiven betrachtet werden.

Die Entwicklung der stabilen Anlagen zur Vornahme von Lokomotiverprobungen bis zum Jahre 1904 wurde in einem von Prof. W. F. M. Goß verfaßten Artikel in den Schriften der „American Society of Mechanical Engineers" dieses Jahres beschrieben. In diesem Artikel erwähnt Prof. Goß:

1. den ersten, etwas rohen Versuch, der in den Jahren 1881 und 1882 von Alexander Borodin in Rußland gemacht wurde;

2. die erste Versuchsanlage an der Universtität in Purdue vom Jahre 1890;

3. die Anlage der Universität Columbia vom Jahre 1893;

4. die temporäre Anlage in Kankanna, errichtet 1893 von Robert Quayle;

5. die zweite Anlage der Universität in Purdue vom Jahre 1894; und

6. die Anlage der Chicago and Northwestern Railroad in Chicago, 1895.

Außerdem gab er eine Beschreibung der Anlage der Pennsylvania R. R. Lines, die später in St. Louis errichtet wurde. In der Diskussion bemerkte E. Worthington, daß in England das Beispiel von Churchward nachgeahmt wurde und Prof. Goß führte aus, daß M. V. Goloboloff in Rußland in den Putiloffwerken zu St. Petersburg eine solche Anlage errichtete.

Digitized by Google

Die in diesen Anlagen bisher durchgeführten Arbeiten lassen sich folgenderweise zusammenfassen:

1. Die Arbeit von Borodin behandelt speziell die Wirkungen der Dampfmäntel.

2. Die von Prof. Goß erzielten Resultate erstrecken sich auf:

a) Wirkungsgrad-Proben;
b) Forschungen in betreff der Ausbalancierung durch Gegengewicht;
c) Studien über die Wirkung langer Indikator-Röhren;
d) eine Untersuchung der Differenzen bei den Resultaten, die während der Fahrt mit weit geöffneten oder teilweise geschlossenem Einlaßschieber (Regulatorschieber) gefunden wurden

3. Die temporäre Anlage in Kankanna war speziell dem Studium der Einwirkung der Vorderwand gewidmet.

4. Die auf der zweiten Anlage der Purdue-Universität bis 1904 durchgeführten Arbeiten betrafen:

a) eine Untersuchung der von der Lokomotive bei günstigen Betriebsverhältnissen pro Pferdekraft benötigten Dampfmenge;
b) eine Definition der Verdampfungsleistung des Lokomotivkessels;
c) den Trockenheitsgrad des Dampfes im Lokomotivkessel;
d) Vergleich der Ergebnisse, wenn die Leistung der Lokomotive durch Reversierhebel und wenn dieselbe zum Teil durch den Regulatorschieber reguliert wird;
e) rationellster Füllungsgrad für eine einfache Lokomotive;
f) Wert der Dampfrohre in der Rauchkammer als Überhitzer;
g) Wirkung des Dampfeinlasses auf die Zugkraft;
h) Untersuchung der Verluste durch Funkenflug;
i) Untersuchung über die Dimensionen des Dampfausströmungsrohres und Schornsteine (Rauchfänge) und andere Versuche.

5. Die wichtigsten Arbeiten mit der Anlage der Chicago and Northwestern R. R. Chicago wurden bis zum Jahre 1904 unter Leitung eines Komitees der „Railway Master Mechanics Association" durchgeführt und erstreckten sich auf Auspuffrohre und Dampfdurchgänge, worüber der Bericht in den Schriften dieser Gesellschaft vom Jahre 1896 veröffentlicht wurde. Andere auf dieser Anlage durchgeführte Arbeiten betrafen:

1. Studien über den Wert verschiedener Kohlenarten.

2. Studien über die Wirksamkeit verschiedener Typen bei verschiedenen Geschwindigkeiten und Füllungsgraden.

Digitized by Google

3. Wirkungen bei Änderungen des Voreilens und des schädlichen Raumes sowie bei mangelhaft entworfenem Steuerungsmechanismus.

Die Lokomotiv-Versuchsanlage der „Pennsylvania Railroad" — die schönste in Amerika — wurde von A. S. Vogt, nachmaligem technischen Ingenieur dieser Bahn entworfen; mit der Ausführung wurde 1903 begonnen und die erste Lokomotiverprobung fand am 25. Mai 1904 statt. Die Anlage befand sich zuerst auf den Gründen der Ausstellung St. Louis 1904 und wurde nach Schluß dieser Ausstellung an ihren bleibenden Platz nach Altoona, Pennsylvania, gebracht, wo dieselbe noch heute von der Bahn verwendet wird.

Eine vollständige illustrierte Beschreibung und ein Bericht über die mit dieser Anlage in St. Louis durchgeführten Versuche wurde von der Pennsylvania R. R. in Buchform veröffentlicht. Diese Versuche waren sehr vollständig und umfaßten, soweit dies irgend angängig war, sämtliche Betriebsverhältnisse. Es wurden acht Lokomotiven erprobt, davon vier Güterzugs- und vier Personenzugsmaschinen.

Der Hauptzweck der Versuche bestand laut dem Programm darin, die wirkliche Leistung bestimmter Lokomotivtypen mit Genauigkeit festzustellen. Dementsprechend wurde eine genaue Untersuchung sowohl der Leistung des Kessels wie jener der Maschine durchgeführt, und zwar in betreff Nutzleistung des Kessels bei verschiedenen Geschwindigkeitsverhältnissen; Leistungsfähigkeit des Kessels; relative Vorteile von schmalen und breiten Rosten; Heizverluste; Temperaturen in der Feuerbox und in der Rauchkammer; Zug im Aschenkasten, in der Feuerbox und in der Rauchkammer; Verhältnis zwischen der Bildung von CO und der Temperatur in der Feuerbox; relative Vorteile des Regulatorschiebers im Vergleich mit dem Gang bei weit geöffnetem Ventil und Regulierung durch den Füllungsgrad; Wirkung des gemauerten Feuerbüchsgewölbes; Verluste infolge unvollkommener Verbrennung und infolge zu starker Luftzufuhr, sowie viele andere Eigenschaften des Kessels; Kraftleistungen von Güterzugs- und Personenzugsmaschinen; größte Zugkraft bei verschiedenen Geschwindigkeiten; Dampfverbrauch bei verschiedenen Geschwindigkeiten und Füllungsgraden; Verbundwirkung; Fett- und Ölschmierung; mechanische Nutzleistung der Lokomotive; Schwingungserscheinungen, wie Schlingern,

Digitized by Google

Stampfen und Nicken sowie viele andere Eigentümlichkeiten bezüglich der Maschinentätigkeit.

Nachdem die Anlage nach Altoona verlegt worden war, wurde eine andere Lokomotive in derselben Weise wie jene in St. Louis erprobt. Unter anderen Versuchen, die auf dieser Anlage durchgeführt wurden, mögen die folgenden erwähnt werden: Versuche mit Briketts, die von der U. S. Geological Survey aus einer wenig flüchtigen oder halbbituminösen Kohle hergestellt worden waren; Versuche mit einer Feuertüre mit erweiterten Luftzutrittsöffnungen und einem Deflektor; Versuche mit verschiedenen Kohlengattungen; Versuche mit einem hohlen feuerfesten Ziegel-Feuerbüchsgewölbe; Versuche mit verschieden großen Rostflächen; Versuche mit Feuerzündern; Versuche mit selbstreinigender Vorderwand; Vergleichsversuche zwischen der gewöhnlichen Feuerung mit wagrechter Beschickung des Rostes und der Treppenrostmethode; Versuche mit einem Baldwin-Überhitzer; Wirkung der Zylindertrocknung; Parson's Verbrennungssystem; Wert einer Kohle mit wenig flüchtigen Bestandteilen; Jones autom. Beschickung; Spezialroste; Einwirkung des Blasens durch die Rauchkammer mittels Luftpumpe auf den Kohlenverbrauch; Schmiermittel; Baker-Pilliod-Steuerung; etc.

Fahrproben mit Lokomotiven wurden bei vielen Eisenbahnen schon seit viel längerer Zeit vorgenommen, ehe man an stabile Versuchsanlagen dachte. Man ließ sich hiebei von der Tendenz leiten, eine größere Präzision zu erzielen und irreleitende Resultate möglichst zu vermeiden. Es mußten hiebei mancherlei Schwierigkeiten überwunden werden, die bei stabilen Versuchen nicht auftreten und die hauptsächlich auf die Tatsache zurückzuführen sind, daß die Verhältnisse nicht kontrolliert und ganz gleichbleibend gestaltet werden können. Andererseits ist es gerade das Verhalten der Lokomotive unter den verschiedenen praktischen Verhältnissen, das zu kennen dem Eisenbahnfachmann not tut.

Die meisten Versuche werden heutzutage auf Strecken von ungefähr 100 Meilen durchgeführt, und diese Strecke ist nicht zu groß, da es bei kürzeren schwer ist, eine wünschenswerte Genauigkeit in der Beurteilung des Kohlenverbrauches zu erzielen.

Nach Ansicht des Verfassers kann durch entsprechende Sorgfalt und Genauigkeit der Fehlerprozentsatz für praktische Zwecke genügend gering gestaltet werden und es vermögen gute Fahrproben mancherlei Aufschlüsse zu liefern, die von stabilen Proben nicht zu erlangen sind.

Digitized by Google

Grundsätze für Fahrproben wurden von verschiedenen Seiten aufgestellt, so von der „American Society of Mechanical Engineers", der „Railway Master Mechanics Association" und von Personen, die solche Untersuchungen selbst geleitet haben.

Der Versuch, eine Liste jener Bahnen aufzustellen, die teilweise oder vollständige Fahrproben durchführen, würde über den Rahmen dieses Artikels hinausgehen. Zwei Reihen solcher Versuche, die mit Dynamometerwagen ausgeführt wurden, sind hinsichtlich ihrer Ergebnisse in den nachfolgenden Tabellen zusammengefaßt, um die Natur der aus solchen Proben zu gewinnenden Anschauungen klarzulegen. Diese Versuchsreihen wurden beide im vergangenen Jahre durchgeführt.

Bei der ersten, von der Pennsylvania R. R. gemachten, bestand der Hauptzweck darin, die Zugkraft und Ökonomie von vier Lokomotiven zu bestimmen, und zwar:

1. Nr. 5075-A; 22" × 26" (58·8 × 66·0 cm) (80" = 2·04 m) Triebrad), Atlantiktype, (4-4-2) Lokomotive; gesättigter Dampf, Handfeuerung; Totalgewicht 231.500 lbs. (105 t); Triebräderbelastung 133.800 lbs. (60·5 t).

2. Nr. 7514-A; 24" × 26" (61·0 × 66·0 cm) (80" Triebrad) Pazifiktype-Lokomotive (4-6-2); stark überhitzter Dampf, Handfeuerung; Totalgewicht 292.000 lbs. (132 t) Triebräderbelastung 190.000 lbs. (86 t).

3. Nr. 9996-A; 24" × 26" (80" [2·04 m] Triebrad) Pazifiktype-Lokomotive (4-6-2); gesättigter Dampf, Zünderfeuerung; Totalgewicht 272.000 lbs. (122 t); Triebräderbelastung 178.000 lbs. (81 t).

4. Nr. 9999-A; 24" × 26" (80" Triebrad) Pazifiktype-Lokomotive (4-6-2); gesättigter Dampf, Handfeuerung; Totalgewicht 272.000 lbs. (123 t); Triebräderbelastung 178.500 lbs. (81 t).

Alle Fahrten wurden zwischen Fort Wayne und Valparaiso durchgeführt, das ist auf eine Distanz von 105 Meilen. Die Anzahl der von jeder Maschine geführten Wagen betrug 9, 10, 11, 12, 13 und 15, deren jeder beladen ungefähr 63 t wog.

Bei der zweiten Serie, die auf der Philadelphia & Reading R. R. durch die Baldwin Locomotive Works durgeführt wurde, bestand der Hauptzweck darin, die Zugkraft und Ökonomie von vier Personenzugsmaschinen zu bestimmen, und zwar:

Digitized by Google

Tabelle I. **Verzeichnis der Resultate der auf der Pennsylvania Railroad zwischen Fort Wayne und Valparaiso (210 Meilen) durchgeführten Proben:**

Maschine Nr.	Anzahl der Fahrten	Anzahl der Wagen	Durchschnitt der indizierten HP	Durchschnitts-Dynamometer HP	Durchschnitts-Geschwindigkeit in Meilen pro Stunde	Durchschnittl. Zugleistung in lbs	Durchschnittl. Kohle pro indizierte HP pro Stunde in lbs	Durchschnittl. Kohle pro Dynamometer HP pro Stunde in lbs	Durchschnittl. Wasser pro indizierte HP pro Stunde in lbs	Durchschnittl. Wasser pro Dynamometer HP pro Stunde in lbs	Überhitzungsgrade (F) über Kesseldampf
5075	7	9	1645.5	1000.9	67.46	5454	5.316	8.742	27.17	44.66	—
		10	1662.2	995.0	68.00	5442	4.474	7.471	27.39	45.75	—
		11	1511.3	1075.0	63.55	6254	4.708	6.616	29.49	41.46	—
		12	1539.9	1108.1	60.33	6767	4.564	6.343	28.95	40.26	—
		13	1665.0	1150.1	62.43	6830	4.608	6.673	27.66	40.05	—
		14	1782.3	1200.2	58.80	7535	4.346	6.454	26.15	38.83	—
		15	1686.6	1205.5	56.70	7863	5.911	7.011	27.09	37.90	—
7514	6	9	1843.6	1133.8	69.09	5933	3.008	4.892	20.17	32.80	235.3
		10	1882.9	1112.8	69.61	5875	2.925	4.950	18.84	31.88	
		11	1768.3	1165.3	65.60	6532	2.795	4.242	20.00	30.35	199.3
		12	1745.7	1171 4	66.98	6446	2 992	4.459	19.53	29.11	209.8
		13	1717.0	1162 4	62.51	6815	2.917	4.308	20.03	29.59	214.7
		15	1953.1	1334.0	62.78	7853	2.844	4.164	19.45	28.48	220.6
9996	6	9	1459.1	846.3	60.42	5178	3.747	6.462	26.63	26.63	—
		10	1307.7	780.7	57.78	4983	3.687	6.343	28.80	28.80	—
		11	1401.4	838.0	57.06	5420	3.949	6.605	28.12	28.12	—
		12	1548.5	992.6	57.43	6366	4.310	6.724	27.97	27.97	—
		13	1683.3	1100 9	57.59	7063	4.822	7.373	26.08	26.08	—
		14	1694.9	1139.0	56.80	7440	4.858	7.237	26.84	26.84	—
		15	1723.9	1179.2	55.54	7884	4.849	7.091	26.77	26.77	—
9999	6	9	1419.8	795.0	61.23	4737	3.539	6.321	30.06	53.69	—
		10	1447.3	850.3	60.33	5201	3.736	6.361	29.33	49.92	—
		11	1571.5	955.2	60.18	5855	4.373	7.194	27.77	45.68	—
		12	1687.8	1021.6	50 59	6263	4.006	6.618	28.46	47.02	—
		13	1785.0	1099.7	54.63	7379	3.662	5.943	26.51	43.03	—
		15	1697.2	1165.1	54.45	7907	4.373	6.378	27.63	40.25	—

Digitized by Google

Tabelle II. **Zusammenstellung einiger Ergebnisse der Proben, welche durch die Baldwin Locomotiv Works auf der Philadelphia and Reading Railroad auf der Strecke Philadelphia—New York, 90 Meilen, durchgeführt wurden:**

Nummer der Maschine	Anzahl der Fahrten	Anzahl der Wagen	Durchschnittl. indiz. HP	Durchschnittl. indiz. Dynamometer HP	Durchschnittsgeschwindigkeit in Meilen pro Stunde	Durchschnittl. Zugleistung in lbs	Durchschnittl. Kohle pro indiz. HP pro Stunde in lbs	Durchschnittl. Kohle pro Dynamometer HP pro Stunde in lbs	Durchschnittl. Wasser pro indiz. HP pro Stunde in lbs	Durchschnittl. Wasser pro Dynamometer HP pro Stunde in lbs	Überhitzungsgrade (F) über Kesseldampf
675	3	8	1360	857.0	57.40	5414	4.50	7.13	28.0	44.36	51
		8	1293	816.7	54.93	5513	4.48	7 10	27.9	44.22	—
		8	1261	820.4	54.91	5536	4.36	6.57	27.8	42.58	60
300	5	8	1343	870.0	56.00	5730	4.70	7 28	24.2	37.48	65
		8	1162	858.0	56.70	5550	5.52	7.54	28.8	39.60	65
		8	1377	943.3	56.81	6120	4.52	6.66	25.0	36.46	61
		8	1312	909 6	55.10	6180	5.22	7.36	24.6	34.74	71
		8	1386	945.5	56.60	6120	5.42	7.96	23.7	34.79	66
301	3	8	1319	889.4	57.14	5700	4.52	6.71	24.3	36.54	41
		8	1211	869.4	54.30	5910	4.98	6.98	27.7	38.89	51
		8	1155	870.0	53.38	5970	5.35	7.10	29.1	40.61	46
302	3	8	1414	857.6	56.20	5640	4.51	7.21	24.8	39.85	—
		8	1264	868.8	53.74	6000	4.75	6.91	26.0	38.99	—
		8	1133	892.5	57.32	5760	4.81	6.06	33.4	42.12	—

Digitized by Google

1. Nr. 400-A. 3 Zylinder 19"×24" (32·3×61 cm) 80" (2·12 m) Triebrad Atlantiktype (4-4-2), Dampf von niedriger Überhitzung, Handfeuerung. Totalgewicht von Lokomotive und Tender 172 t (174·7 t).

2. Nr. 301-A. 2 Zylinder 22" × 26" (80" Triebrad) Atlantiktype (4-4-2), Dampf von niedriger Überhitzung, Handfeuerung. Totalgewicht von Lokomotive und Tender 170 t (172·1 t).

3 Nr. 302-A. 2 Zylinder 22"×26" (55·8×66·0) (80" Triebrad) Atlantiktype (4-4-2), gesättigter Dampf, Handfeuerung. Totalgewicht von Lokomotive und Tender 170 t (172·7 t).

4. Nr. 675-A. 3 Zylinder 19" × 24" (48·2 × 61·0 cm) (74" Triebrad) Zahnradtype (4-6-0), Dampf von niedriger Überhitzung, Handfeuerung. Totalgewicht von Maschine und Tender 178 t (181·1 t).

Alle Fahrten erfolgten in regulärem Betrieb von Philadelphia nach Jersey City express und zurück lokal; die Distanz für beide Touren betrug ungefähr 90 Meilen (145 km). Die durchschnittliche Zahl der mitgeführten Wagen betrug 8.

Mit freundlicher Erlaubnis von S. M. Vauclain, Vizepräsident der Baldwin Locomotive Works und von A.W. Gibbs, Chefingenieur der Pennsylvania R. R. geben wir im folgenden eine kurze Übersicht über die wichtigsten Ergebnisse dieser beiden Versuchsserien.

Digitized by Google

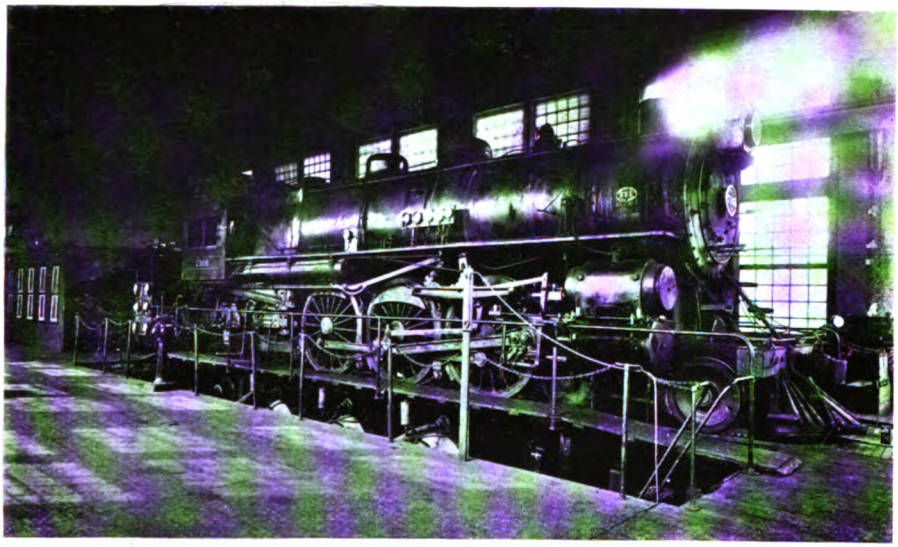


Fig. 1.
Versuchsanlage für Lokomotiven der Pennsylvania-Bahn in Altoona.
Lokomotive für den Versuch bereit.

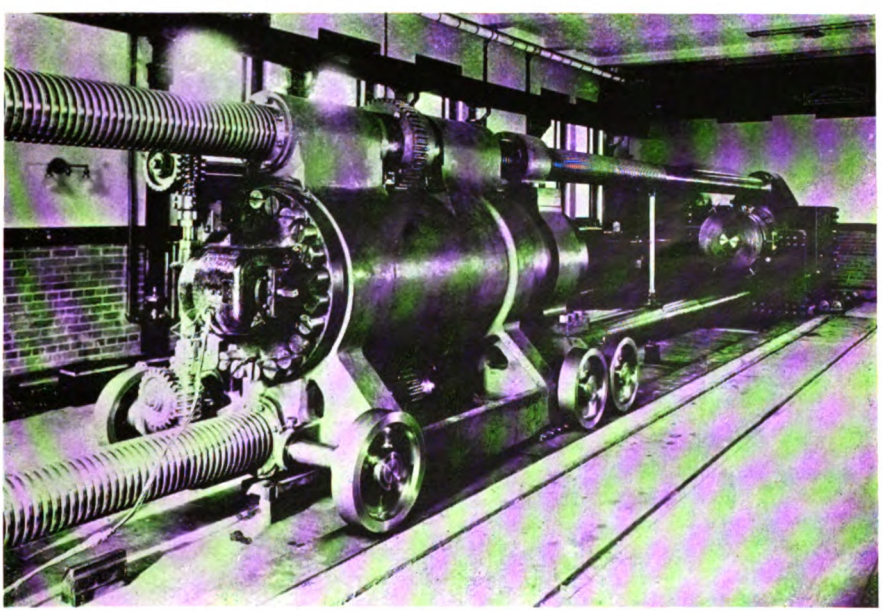


Fig. 2.
Emery-Prüfmaschine von 1044 Tonnen (2,300.000 Pfund) Leistungsfähigkeit im Bureau of Standards, Department of Commerce and Labor, Washington, D. C.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 3.
Prüfmaschine von 1090 Tonnen (2,400.000 Pfund) Leistungsfähigkeit der Versuchsanstalt der Phoenix Bridge Works, Phoenixville, Pa.

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig. 4.

Philadelphia and Reading Bahn. Lokomotive für den Versuch bereit.

Digitized by Google

Digitized by Google

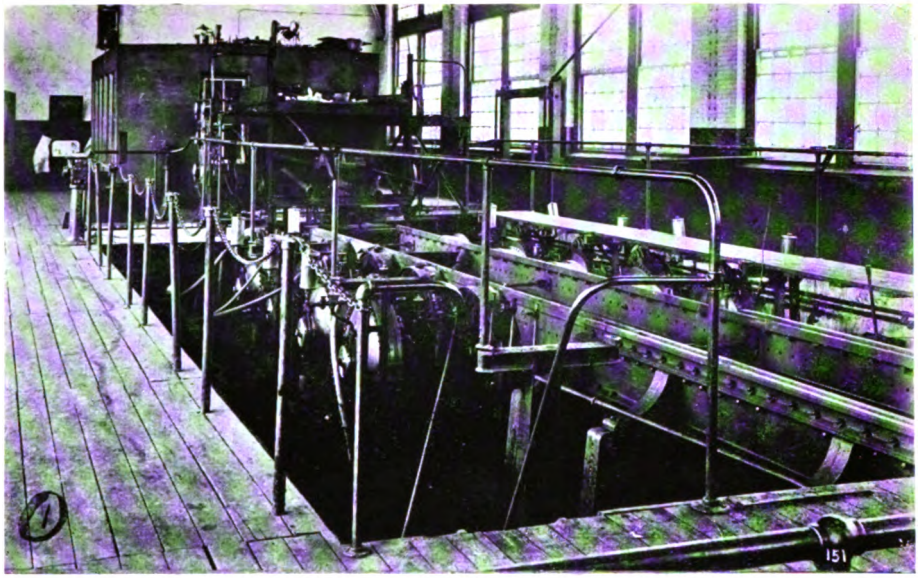


Fig. 5.
Versuchsanlage für Lokomotiven der Pennsylvania-Bahn in Altoona, Penna.
Bereit zur Aufnahme einer Lokomotive.

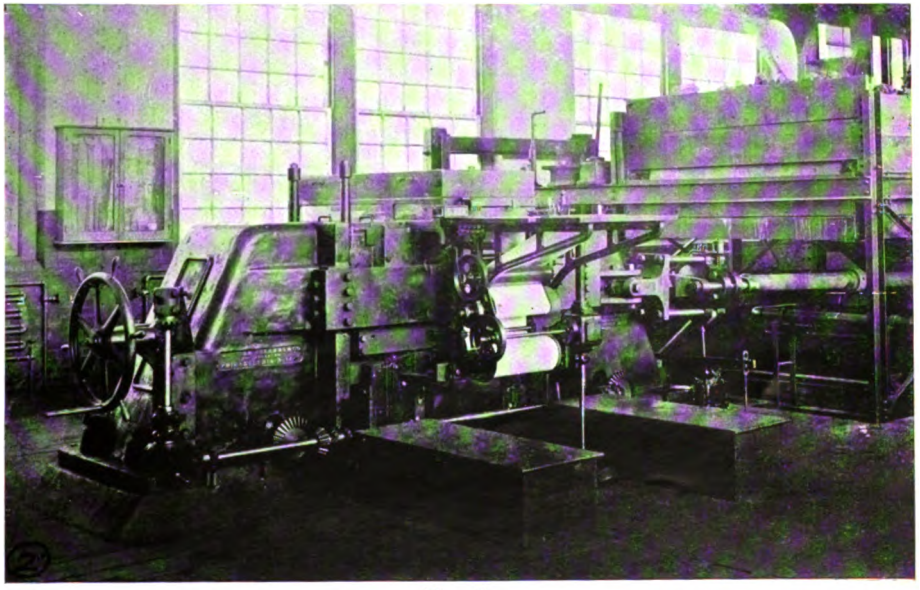


Fig. 6.
Versuchsanlage für Lokomotiven der Pennsylvania-Bahn in Altoona, Penna.
Teil der Anlage mit Dynamometer.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIX 3

DAS ÖSTERREICHISCHE TECHNISCHE VERSUCHSAMT.

Eine Mitteilung von **Ernst Reitler,** Wien.

Auf dem Kopenhagener Kongresse hat Seine Exzellenz Herr Professor Dr. W. Exner in einem Vortrag über die internationale Regelung des technischen Versuchswesens empfohlen, daß auf dem Gebiete der Materialprüfung neben der Förderung und Vereinheitlichung der Verfahren, wie sie der Verband pflegt, auch eine gleichartige, internationale Anerkennung — also eine Reziprozität — der von den autoritativen Anstalten herausgegebenen Befunde angestrebt werde. Der Redner hat aber ein noch weiteres Ziel gesteckt, indem er unter Hinweis auf die steigende Bedeutung, zu der das gesamte Versuchswesen im Weltverkehr berufen ist, empfahl, daß dieses Streben nach Vereinheitlichung und Reziprozität nicht auf die Materialprüfung beschränkt bleibe, sondern auch auf die Erprobung von Motoren, Arbeits- und Werkzeugmaschinen, auf die technischen Proben, die in den einzelnen Industriebranchen zur Sicherung der Ergebnisse des Verfahrens eingeführt sind, kurz auf das gesamte Versuchswesen ausgedehnt werde.

Eine solche gegenseitige Anerkennung der Prüfungszeugnisse autoritativer Versuchsanstalten verschiedener Länder setzt jedoch voraus, daß in jedem Lande selbst eine Regelung des gesamten öffentlichen Versuchswesens vorausgehe.

Österreich hat seither mit der Schaffung eines staatlichen Versuchsamtes in dieser Richtung den Anfang gemacht; es dürfte heute wohl der einzige Staat sein, in welchem das gesamte öffentliche Versuchswesen zum Zwecke planmäßiger und einheitlicher

Digitized by Google

Fürsorge einem bestimmten Zweige der Staatsverwaltung unterstellt ist. Einige Worte über diese neuartige Schöpfung dürften daher hier am Platze sein.

Das im Jahre 1910 als Exekutivstelle des Ministeriums für öffentliche Arbeiten geschaffene K. k. Technische Versuchsamt in Wien hat die Aufgabe, das öffentliche Versuchs- und Prüfungswesen Österreichs im weitesten Sinne zu fördern und die öffentlichen staatlichen wie privaten Anstalten — soweit diese der gewerblichen und industriellen Produktion zu dienen bestimmt sind — zu kontrollieren.[1]) Diese Kontrolle bezieht sich nur auf einen, aber bedeutsamen Punkt, nämlich darauf, den Versuchsanstalten — auf Grund des im Jahre 1910 erlassenen Gesetzes — das Recht zuzuerkennen, Zeugnisse über die Ergebnisse ihrer Prüfungen auszustellen, die als öffentliche Urkunden anzusehen sind. Die Erteilung dieses Rechtes, die „Autorisation" erfolgt über Antrag des Versuchsamtes vom Ministerium für öffentliche Arbeiten, und zwar nur an jene Anstalten, welche durch die wissenschaftliche Eignung ihres Leiters und durch ihre technischen Einrichtungen eine Gewähr dafür bieten, daß ihre Prüfungsergebnisse dem Stande der heutigen wissenschaftlichen Erkenntnis entsprechen. Dadurch wird die Autorisation im Wettbewerbe der Versuchsanstalten eine wertvolle und weithin sichtbare Anerkennung. Und es ist mit Sicherheit zu erwarten, daß über kurz oder lang nur jene öffentlichen Prüfungsanstalten den Wettbewerb bestehen werden, welchen durch die Autorisation die Verläßlichkeit ihrer Untersuchungen amtlich beglaubigt wurde.

Das Versuchsamt hat aber nicht nur die Autorisation, sondern auch die finanzielle Unterstützung und Ausgestaltung bestehender staatlicher oder privater Versuchsanstalten und die Errichtung und Förderung neuer zu beantragen, die für die heimische Produktion von Bedeutung sind. Von der Überzeugung ausgehend, daß für die industriellen Versuchsanstalten die autonome Verwaltung besondere Vorteile bietet und daß es die Industrie ist, der die Ver-

[1]) Von der Tätigkeit des Versuchsamtes bleiben unberührt: Das technische Versuchswesen an den technischen Hochschulen als Behelf der wissenschaftlichen Forschung, der Wirkungskreis der Normaleichungskommission und der Probieranstalten für Handfeuerwaffen, das Punzierungswesen, die Erprobung und periodische Untersuchung der Dampfkessel, die Untersuchungsanstalten auf dem Gebiete der Sanitätspflege und der Bodenkultur und endlich die Versuchsanstalten des staatlichen Eisenbahnwesens.

Digitized by Google

suchsanstalten die zugewandten Mittel durch neue technische Erkenntnisse hundertfach zurückerstatten, soll das Versuchsamt bei industriellen und sonstigen Vereinigungen die Einrichtung von Versuchsanstalten anregen und propagieren. Nach wenigen Monaten seines Bestandes wurde bereits unter dem Einfluß und der Mitwirkung des Amtes eine dampf- und wärmetechnische Versuchsanstalt der Dampfkesseluntersuchungs- und Versicherungsgesellschaft, ferner die k. k. Versuchsanstalt für Kraftfahrzeuge des automobiltechnischen Vereines und die schiffbautechnische Versuchsanstalt ins Leben gerufen.

Die vielseitigen technischen Agenden des Versuchsamtes werden nach folgenden Kategorien gegliedert: Prüfungen der technischen Behelfe des Versuchswesens, Materialprüfung, Untersuchungen bezüglich industrieller Verfahrensweisen, und zwar elektrotechnischer, chemischtechnischer und mechanischtechnischer Natur, und endlich Untersuchungen des Verkehrswesens.

Außer der genannten, auf die Förderung von Versuchsanstalten unmittelbar gerichteten Tätigkeit umfaßt das Amt in der Pflege des Versuchswesens auch die wirksame Verbreitung der Erkenntnis von der Bedeutung des Untersuchungs- und Prüfungswesens durch Förderung der Propaganda in jeder Art, durch Herausgabe einer Fachzeitschrift,[1]) durch Veranstaltung von Spezialausstellungen technischer Behelfe und Ergebnisse des Versuchswesens, ferner die Mitwirkung bei der Vereinheitlichung technischer Versuchsmethoden und der Terminologie, die Erteilung aller einschlägigen Auskünfte, die Anlegung einer Spezialbibliothek und die Beobachtung aller ausländischen Institutionen für Versuchs- und Erprobungswesen. In letzterem Punkt, in der Anlage eines Katasters der wichtigsten Untersuchungs- und Prüfungsanstalten der ganzen Welt haben die Herren Vorstandsmitglieder unseres Verbandes in äußerst dankenswerter Weise ihre Unterstützung geliehen; durch die Veröffentlichung dieses Katasters werden ihre Bemühungen auch wieder der großen Öffentlichkeit zugute kommen.

Für die Durchführung seiner großen Aufgabe wurde dem Versuchsamt ein Beirat zur Seite gestellt, dessen Mitglieder vom Minister aus Professoren-, industriellen und sonstigen Fachkreisen ernannt werden und welche dem Amt ihre reiche Erfahrung und Fachkenntnis in selbstloser Weise zur Verfügung stellen.

[1]) Mitteilungen des K. k. Technischen Versuchsamtes, Hof- und Staatsdruckerei, Wien, I. Jahrg., 1912.

Digitized by Google

An die Spitze des Versuchsamtes sowie des Beirates wurde der Anreger dieser vielversprechenden Einrichtung Seine Exzellenz Professor Dr. Wilhelm Exner berufen, der seit 40 Jahren für die Entwicklung des österreichischen Versuchswesens als unermüdlicher Vorkämpfer tätig ist.

Durch die Schaffung des Versuchsamtes wurde in Österreich ein bedeutsamer Schritt auf dem Gebiete des staatlichen Versuchswesens gemacht, der diesem ohne Zweifel einen kräftigen Impuls geben wird, und der gewiß auch in anderen Staaten Nachahmung finden dürfte.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIX4

ÜBER EINE NEUE METHODE ZUM VERGLEICHEN DER ANGABEN VON PRÜFUNGSMASCHINEN.

Von **F. Schüle** und **Ed. Brunner** in Zürich.

(Übersetzt von Wagner.)

Man verlangt von den Prüfungsmaschinen bei Angabe der Kraft eine Genauigkeit von ungefähr 1% und die Wichtigkeit einer Kontrolle der Meßapparate ist anerkannt. Die wichtigeren Prüfungsanstalten Europas besitzen Versuchsstäbe, welche dazu dienen, die Genauigkeit der Maschinen durch Messung der Dehnung oder der Verkürzung eines Stabes bei einer bestimmten Belastung zu prüfen.

In gewissen Fällen bedient man sich kleiner Kupferzylinder (crushers), deren Verkürzung unter derselben festgesetzten Belastung bei den zu vergleichenden Maschinen bestimmt wird. Bei den neuesten Einrichtungen ist unter der Maschine die Wirkung eines bekannten Gewichtes vorgesehen, welches die direkte Kontrolle der Kraftmessungsskala ermöglicht. Bei Maschinen von geringer Kraft lassen sich die Kontrolle und der Vergleich ihrer Angaben leicht mittelst Spannfedern verschiedener Formen vornehmen.

Es wäre jedoch vorteilhaft, wenn man über eine einfachere, wenn auch weniger genaue Methode zum Vergleichen der Richtigkeit der Angaben der Prüfungsmaschinen verfügen könnte. Hiefür würde sich ein Material eignen, dessen Widerstandsfähigkeit gegen Zerdrückung bei einer Reihe Probekörper nahezu konstant wäre. Einen solchen Körper besitzen wir; es ist Holz in Gestalt von Platten geringer Dicke. Das Holz hat die besondere Eigenschaft, dieselbe Druckfestigkeit zu besitzen, unabhängig davon, ob es in Gestalt von Würfeln oder von dünneren Platten erprobt wird. Wir erinnern hier an die interessanten Versuche von Herrn Forstmeister Dr. Janka.

Digitized by Google

Aus einem Prisma aus fehlerlosem Holz kann man eine hinreichende Zahl Probekörper in Gestalt von sorgfältig gehobelten Platten gleicher Querschnittsfläche mit einer Dicke, die 2 – 4 cm beträgt, herstellen. Diese werden auf den zu vergleichenden Maschinen zerdrückt, indem zur Prüfung einer jeden Maschine die gleiche Zahl Probekörper zur Verwendung kommen, welche sich gleichmäßig auf die vom Prisma gelieferte Körperserie verteilen.

Hier die Resultate einiger in der eidgenössischen Prüfungsanstalt in Zürich angestellten Versuche.

I. Vergleichung zweier Pressen von 30 Tonnen und einer Zerreiß- und Druckmaschine von 50 Tonnen Leistung.

Die Probekörper von 4 cm Dicke und von 7·22 × 7·23 cm Querschnitt wurden aus einem Prisma von an der Luft gut getrockneten Rottannenholz entnommen. Die Resultate der Druckversuche der nach ihrer Reihenfolge im Prisma numerierten Probekörper sind die folgenden:

1. Presse von 30 t.

Nr.	3	6	9	12	15	18	Durchschnitt
Druckfestigkeit	535	522	536	517	518	520	524·7 kg/cm²

2. Presse von 30 t.

Nr.	2	5	8	11	14	17	Durchschnitt
Druckfestigkeit	527	—	530	517	512	520	521·2 kg/cm²

3. Maschine von 50 t.

Nr.	1	4	7	10	13	16	Durchschnitt
Druckfestigkeit	536	533	530	532	533	548	535·0 kg/cm²

II. Vergleichung dreier Pressen von 30, 150 und 500 t.

Die Probekörper aus an der Luft gut getrockneten Rottannenholz von 3 cm Dicke und von quadratischem Querschnitt mit 7·0 cm Seitenlänge wurden aus einem Prisma entnommen und nach ihrer Reihenfolge im Prisma numeriert. Die Resultate der Druckversuche sind die folgenden:

1. Presse von 30 t.

	Nr.	1	4	7	10	13	Durchschnitt
ß Druckfestigkeit		598	604	607	607	612	606 kg/cm²
	Nr.	16	19	22	25	28	Durchschnitt
ß Druckfestigkeit		597	610	590	569	572	588 kg/cm²
	Nr.	31	34	37	40		Durchschnitt
ß Druckfestigkeit		564	563	557	552		559 kg/cm²

Gesamtdurchschnitt: 586.

Digitized by Google

2. Presse von 150 t.

	Nr.	2	5	8	11	14	Durchschnitt
β = Druckfestigkeit		612	620	620	619	616	617 kg/cm²
	Nr.	17	20	23	26	29	Durchschnitt
β = Druckfestigkeit		610	618	614	594	582	614 kg/cm²
	Nr.	32	35	38	41		Durchschnitt
β = Druckfestigkeit		578	579	558	570		557 kg/cm²

Gesamtdurchschnitt: 599.

3. Presse von 500 t.

	Nr.	3 u. 6	9	12	15		Durchschnitt
β = Druckfestigkeit		—	612	592	584		596 kg/cm²
	Nr.	18	21	24	27	30	Durchschnitt
β = Druckfestigkeit		607	622	596	588	584	599 kg/cm²
	Nr.	33	36	39	42		Durchschnitt
β = Druckfestigkeit		557	584	555	586		570 kg/cm²

Gesamtdurchschnitt: 593.

Die 500 Tonnen-Presse gestattet keine sehr genaue Ablesung so geringer Belastungen, wie die hier angewendeten; das erklärt die bei den letzten Prüfungen erzielten größeren Abweichungen.

Es verdient hervorgehoben zu werden, daß sich die vorstehenden Ziffern auf eine Prismenlänge von ungefähr 1·50 m erstrecken, welche für die Praxis zu groß wäre, um auf die Beständigkeit der Druckfestigkeit rechnen zu können. Der Versuch hatte auch den Zweck, die Festigkeitsänderungen an einem so langen Prisma zu beobachten.

Die bei der Anwendung dieser Methode zu berücksichtigenden Vorsichtsmaßregeln sind die folgenden:

1. Wahl eines ca. 60 cm langen Prismas aus gut getrocknetem, fehlerlosen Holz; Nadelholz scheint sich hierzu wegen der Regelmäßigkeit seines Gefüges am besten zu eignen.

2. Die Probekörper müssen in hinreichender Zahl (5—6) für jede der zu vergleichenden Maschinen angewendet werden, damit ein guter Durchschnitt sowie eine Kontrolle für die Gleichmäßigkeit der Festigkeit des Holzes erzielt werde.

Durch diese Methode werden Messungen der Formveränderung, zu denen Präzisionsinstrumente erforderlich sind, überflüssig.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXIX5

ÜBER DEN ZUVERLÄSSIGKEITSGRAD VON PRÜFSTELLEN, PRÜFMASCHINEN UND FESTIGKEITSVERSUCHEN IM MATERIALPRÜFUNGSWESEN.*)

Von **A. Martens**, Direktor des Materialprüfungsamtes Groß-Lichterfelde W.- Berlin.

Die deutschen Bundesstaaten haben die segensreiche Einrichtung getroffen, das Materialsprüfungswesen der Technik von staatswegen durch berufsmäßig ausgebildete Beamte nach festen Grundsätzen und nach allen Regeln der Kunst in besonderen Materialprüfungsanstalten ausüben zu lassen, von denen jedermann gegen Entgelt nach bestimmten Gebührensätzen die von ihm benutzten oder erzeugten Materialien (Baustoffe oder Verbrauchsstoffe der Technik) prüfen lassen kann. Diese Stellen sollen auf Anruf der Parteien als uninteressierte und unparteiische Vermittler in Streitfällen entscheiden, um dadurch weitläufige Verhandlungen vor den ordentlichen Gerichten unnötig machen.

Die Öffentlichkeit hat demnach das Recht, zu verlangen, daß diese amtlichen Stellen nicht nur mit allergrößter Gewissenhaftigkeit verwaltet werden, sondern ganz besonders, daß sie stets und unter allen Umständen mit richtigem Maß und Gewicht messen. Dazu müssen diese Ämter, ohne Rücksicht auf die daraus entstehenden Kosten, eine ganze Reihe von Maßnahmen treffen, die die Zuverlässigkeit ihres Betriebes sichern. Sie müssen durch oft wiederholte Vergleiche im eigenen Betrieb die Richtigkeit ihrer Maschinen (Festigkeitsprüfer, Wagen, Härteprüfer, Schlagwerke, Abnützungsprüfer usw.) und Meßwerkzeuge (Längenmaße,

*) Die Abbildungen sind den „Mitteilungen des Königl. Materialprüfungsamtes", Verlag J. Springer, Nr. 5 und 6, 1911, entnommen.

Digitized by Google

Mikrometer, Taster, Spiegelapparate usw.) gewährleisten. Alle Meßwerkzeuge müssen an das absolute Maß angeschlossen sein, soweit mit ihnen Materialkonstanten (Dehnungszahl, Elastizitätsmodul, Wärmedehnungszahl, Reibungszahl usw.) bestimmt werden sollen; sie müssen aber auch ausreichende Empfindlichkeit (Größenordnung der Ablesungseinheiten) haben, um auch solche Messungen, die nur relative Bestimmungen erfordern (Proportionalitätsgrenze, Elastizitätsgrenze usw.) zuverlässig durchführen zu können.

Die Ämter haben zur Zeit noch nicht die Pflicht, aber man sollte sie ihnen auferlegen, daß sie in regelmäßigen Zeiträumen durch vergleichende Kontrollprüfungen sich hinsichtlich des Zuverlässigkeitsgrades ihrer Arbeiten gegenseitig prüfen, um auf diese Weise dahin zu wirken, daß wenigstens die öffentlichen Prüfstellen übereinstimmende und gleichwertige Prüfarbeit im Lande leisten. Dadurch wird man auch die bei Privaten und Behörden errichteten Prüfstellen zwingen, sich diesem Kontrollsystem anzuschließen, und dadurch wird man dann zugleich eine wesentliche Vervollkommnung im Prüfwesen erreichen, die nur zur Förderung der Zuverlässigkeit des im Lande erzeugten Materials dienen kann; Handel und Gewerbe werden aus diesem Zustande Vorteil schöpfen.

Wie notwendig ein solches Vorgehen ist, beweisen deutlich die Ergebnisse der vom Amt Groß-Lichterfelde ausgeführten Prüfungen von Probiermaschinen auf deren Richtigkeit. Hierbei sind leider mehrfach Maschinen gefunden worden, die Fehler von mehr als 20% aufwiesen; in anderen Ländern wird man kaum einen besseren Zustand finden.

Mit welchen Mitteln und mit welchem Nutzen etwa solche Kontrollprüfungen unter den Ämtern und anderen Prüfstellen durchgeführt werden können, werde ich weiter unten zeigen; zunächst will ich von dem Zuverlässigkeitsgrad der Festigkeitsversuche sprechen.

In Heft 5 und 6 1911 der „Mitteilungen aus dem Königlichen Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde“ habe ich einen Aufsatz „über den Zuverlässigkeitsgrad von Festigkeitsversuchen“ veröffentlicht. Der Vorstand des Internationalen Verbandes hat mir den Wunsch ausgesprochen, diesen Aufsatz für die Druckschriften des VI. Kongresses zur Verfügung zu stellen. Ich komme diesem ehrenvollen Wunsche gerne nach, möchte aber unter Fortlassung des sehr umfangreichen Zahlenmaterials der

Digitized by Google

Urschrift, das ja jedem aus der früheren Veröffentlichung ohnehin zugänglich bleibt, in knapper Form das in der Überschrift genannte etwas weitere Feld hineinziehen und mich damit zugleich auch noch mehr an das auf Wunsch des Herrn Präsidenten Howe in einer anderen Kongreßschrift ($XXIX_1$) behandelte Thema: „Grundsätze für die Organisation des öffentlichen Materialprüfungswesens“ anschließen. Dabei ist es dann aber leider nicht möglich, den für die Kongreßschriften zugewiesenen knappen Raum von 8 Druckseiten einzuhalten.

Die Arbeit in den „Mitteilungen“ (Jahrgang 1911, Heft 5 und 6) gibt eine Darstellung, wie man sich in Anlehnung an die wissenschaftliche Ausgleichsrechnung, in praktisch einfacher Weise einen Maßstab für die Wertbemessung von Versuchsergebnissen sowie über den Zuverlässigkeitsgrad von Prüfverfahren und von Prüfeinrichtungen verschaffen kann. Ich will hier kurz die Einleitung abdrucken und verweise im übrigen auf die „Mitteilungen“*).

Die wissenschaftliche Ausgleichsrechnung hat den Beobachtungsfehlern seit langem große Aufmerksamkeit geschenkt und es verstanden, den auf dem Versuchswege gefundenen Werten einen hohen Grad von Vollkommenheit zu geben.

In einer Beobachtungsreihe, deren Einzelwerte lediglich vom Zufall und nicht durch die Art der Beobachtung, die Art der angewendeten Versuchsverfahren, oder die Eigenart bestimmter Vorgänge beeinflußt sind, ist der Mittelwert aus allen Beobachtungen

*) Die „Mitteilungen“ erscheinen im Verlage von Julius Springer in Berlin. Preis 16 M für den Jahrgang.

In gleichem Verlage erschien auch eine zur Eröffnung des Amtes Groß-Lichterfelde herausgegebene Festschrift: A. Martens & M. Guth „Das Königliche Materialprüfungsamt der Technischen Hochschule Berlin“, 380 Seiten, mit zahlreichen Textfiguren und sechs Tafeln, die alle Pläne der Anlage und die Abbildungen der Maschinen, der Meßinstrumente und der sonstigen Einrichtungen enthält; Preis 10 M.

In gleichem Verlage erschien ferner das „Handbuch der Materialienkunde für den Maschinenbau“:

Teil I: Materialprüfungswesen von A. Martens (auch in englischer französischer und russischer Übersetzung herausgegeben).

Teil IIA: Die wissenschaftlichen Grundlagen für das Studium der Metalle und Legierungen (Metallographie) von E. Heyn.

Teil I geht insbesondere auf den Bau und die Prüfung von Maschinen und Apparaten für das Materialprüfwesen ein.

Digitized by Google

der am meisten zutreffende Wert für die gesuchte Größe; kleine Abweichungen kommen häufiger vor als große; die Häufigkeit der Fehler gleicher Größe unterliegt einem bestimmten Gesetz; man kann aus der Größe der Abweichungen der Einzelwerte vom Mittelwert und aus der Häufigkeit der Fehler gleicher Größe die Zuverlässigkeit des Mittelwertes beurteilen und den „wahrscheinlichen Fehler des Mittelwertes" berechnen; der reziproke Wert des wahrscheinlichen Fehlers gibt dann ein Maß für den Zuverlässigkeits- oder den Genauigkeitsgrad (Präzisionskoeffizient) des Mittelwertes. Weil aber die Ermittelung des wahrscheinlichen Fehlers eine etwas umständliche Rechnung bedingt (Bildung der Abweichungen Δ vom Mittel und Bildung der Quadrate dieser Größen), so wird vielfach statt des wahrscheinlichen Fehlers mit dem „mittleren Fehler" gerechnet, der in der Reihe der Δ aus der Summe aller positiven und negativen Δ schnell abgeleitet werden kann. — Es ist zweckmäßig, für die Beurteilung versuchstechnisch gleichwertiger Beobachtungsreihen einen ohne weiteres vergleichbaren Maßstab zu haben. Zu dem Ende ist es vorteilhaft, nicht den absoluten Maßwert zu benutzen, sondern den Fehler in Hundertteilen vom Mittelwert auszudrücken.

Drückt man demnach die Einzelwerte in „Verhältniszahlen" (Mittelwert = 100 gesetzt) aus, die leicht und hinreichend genau am Rechenschieber abzulesen sind, so können die Werte Δ ohne weiteres neben die Verhältniszahlen gesetzt werden; die positiven und die negativen Δ für sich summiert, müssen bis auf die aus der abgekürzten Rechnung entstammenden Unterschiede übereinstimmen. Diese einfache Aufschreibung ergibt also zugleich die schnelle Rechnungskontrolle.

Für statistische Zwecke des Materialprüfungsamtes in Groß-Lichterfelde habe ich Zählkarten nach dem in Abb. 1 angegebenen Vordruck 0,23 anfertigen lassen. Der Kopf nimmt die Reihenzeichen und die in Vergleich zu stellenden Hauptwerte auf (z. B. Mittelwerte für die Festigkeiten, Dichtigkeitsgrade usw.); in 10 Spalten können bis zu 10 Einzelwerte von 10 Versuchsreihen eingetragen werden. Diese Karten aus dickem Papier gehören einem Zettelregister (System Hintze, Groß-Lichterfelde) an, so daß die Sammlung stets leicht ergänzt und nach beliebigen Gesichtspunkten umgeordnet werden kann; ja selbst die Einzelspalten der Karten lassen sich nötigenfalls zu dieser Umordnung

Digitized by Google

Abb. 1. **Zählkarte.**

Material: Natürliche Steine (Sandstein).
Zustand: trocken.

K. M. A. Ord. .....
Nr. .....

		1		2		3		4		5	
Antrag Nr.		4943		5173		5272a		5309		5347a	
Mittel	σ-B	1739		925		1323		1476		749 at.	
	r	2,581		2,260		2,249		2,332		2,095	
		v	+△ %	v	+△ %	v	+△ %	v	+△ %	v	+△ %
Abweichungen vom Mittel	1	105	+ 5	99	− 1	108	+ 8	76	−24	101	+ 1
	2	101	+ 1	93	− 7	90	−10	75	−25	101	+ 1
	3	96	− 4	105	+ 5	108	+ 8	105	+ 5	97	− 3
	4	106	+ 6	97	− 3	102	+ 2	108	+ 8	93	− 7
	5	108	+ 8	110	+10	99	− 1	115	+15	91	− 9
	6	92	− 8	99	− 1	108	+ 8	100	0	109	+ 9
	7	96	− 4	104	+ 4	102	+ 2	88	−12	107	+ 7
	8	118	+18	99	− 1	99	− 1	114	+14	90	−10
	9	86	−14	98	− 2	90	−10	91	− 9	104	+ 4
	10	91	− 9	98	− 2	96	− 4	127	+27	107	+ 7
	Σ		+38 −37		+19 −17		+28 −26		+69 −70		+29 −29
Σn — △m =			+ 7,5		+ 3,6		+ 5,4		+ 13,9		+ 5,8

		6		7		8		9		10	
Antrag Nr.		5477		5597		6339		6871		7119a	
Mittel	σ-B	957		1170		637		561		1389 at	
	r	2,355		2,249		2,080		2,127		2,449	
		v	+△ %	v	+△ %	v	+△ %	v	+△ %	v	+△ %
Abweichungen vom Mittel	1	101	+ 1	100	0	97	− 3	102	+ 2	104	+ 4
	2	98	− 2	101	+ 1	92	− 8	98	− 2	98	− 2
	3	100	0	100	0	93	− 7	100	0	102	+ 2
	4	97	− 3	94	− 6	88	−12	105	+ 5	106	+ 6
	5	106	+ 6	97	− 3	98	− 2	107	+ 7	88	−12
	6	98	− 2	99	− 1	112	+12	105	+ 5	98	− 2
	7	101	+ 1	101	+ 1	110	+10	93	− 7	100	0
	8	103	+ 3	97	− 3	109	+ 9	98	− 2	104	+ 4
	9	100	0	110	+10	96	− 4	93	− 7	101	+ 1
	10	98	− 2	100	0	105	+ 5	101	+ 1	96	− 4
	Σ		+11 − 9		+12 −13		+36 −36		+20 −18		+17 −20
Σ/n = △m =			± 2,0		± 2,5		± 7,2		± 3,8		± 3,7

Bemerkungen: σ-B = Druckfestigkeit.
r = Raumgewicht.

Vordruck Nr. 0128

Digitized by Google

verwerten, wenn die Karten nach den Spalten zerschnitten werden. Die Einzelwerte sind in den Spalten V als Verhältniszahlen eingetragen. Daneben sind unter $+\Delta$ die Abweichungen vom Mittelwert = 100 eingetragen. Die Rechnungskontrolle ist, wie oben angedeutet, schnell und einfach auszuführen. Der mittlere Fehler ist aus beiden Summen gebildet: $\pm\Delta_m = \frac{\Sigma+\Delta}{n}$ z. B. $\frac{\begin{matrix}+38\\-37\end{matrix}}{75} = \frac{75}{10}$ 7,5.

Zur Beurteilung des Zuverlässigkeitsgrades der Versuchsreihe kann man den Wert $\pm\Delta_m$ benutzen. Ist der wahrscheinlichste Wert aus einer Summe von Einzelreihen zu bilden, so ist nun nicht mehr das Mittel aus allen Mittelwerten der Reihen der wahrscheinlichste Wert des Endergebnisses aus allen Reihen, sondern man muß jeden Mittelwert mit dem „Gewicht" g des Mittels jeder Reihe in Rechnung stellen.

$$(M_1 \cdot g_1 + M_2 \cdot g_2 + \ldots\ldots M_n \cdot g_n)\ \frac{1}{n} = R_m$$

wobei $g = \frac{1}{\pm\Delta_m}$. Das Gewicht des Endergebnisses kann in ähnlicher Weise ermittelt werden (vergl. Beispiele weiter unten).

Ich führe dieses Verfahren an, weil häufig genug die Frage auftritt, welchen Wert in einer Prüfungsreihe man als den wahrscheinlichsten gelten lassen soll, wenn es sich beispielsweise um einen Vergleich von Werten handelt, die von mehreren Prüfstellen gewonnen sind. Bei Zementprüfungen nach den Normen haben solche vergleichenden Prüfungen zwischen privaten Prüfstellen untereinander und auch zwischen staatlichen Anstalten mehrfach stattgefunden. Im allgemeinen wird keine dieser Stellen für sich den Anspruch erheben dürfen, am einwandfreiesten und am sichersten die Prüfungen durchzuführen, denn bei allen Stellen wirken, selbst wenn sie alle über gleich geschulte Kräfte verfügen sollten, stets Zufälligkeiten mit, die heute einen geringen, morgen einen größeren Einfluß haben können und über deren Größe man sich in der Regel gar keine Vorstellung bilden kann. Einen Einblick kann man nur dann gewinnen, wenn die Möglichkeit des zahlenmäßigen Vergleichs durch eine sehr große Reihe von Beobachtungen an mehreren Stellen vorliegt. Aber auch dann wird es immer noch schwer bleiben, das Gewicht der Prüfungen irgend einer Stelle gegenüber dem einer anderen Stelle ohne weiteres zu erkennen. Diese Überlegung war es auch, die

Digitized by Google

das Materialprüfungsamt veranlaßte, sich regelmäßig gegen die Feststellung der Richtigkeit von Probiermaschinen durch vergleichende Festigkeitsversuche auszusprechen und dagegen stets die unmittelbare Prüfung der Maschinen durch den Kontrollstab zu empfehlen, deren Sicherheitsgrenzen von allen öffentlichen Prüfstellen auf + 1% gewährleistet werden kann.

In Heft 5 und 6 der „Mitteilungen" habe ich aus den laufenden Prüfungen des Amtes eine große Zahl von Festigkeitsversuchen mit verschiedenen Materialien (Tabelle A, Seite 274 bis 344) veröffentlicht, in der die einzelnen Versuchsreihen in den Abschnitten 1 bis 17 nach der Größe der mittleren Fehler $\pm\Delta_m$ geordnet sind, wie das folgende Beispiel einer Seite von Tabelle A zeigt. (Siehe Anhang I am Schlusse dieses Berichtes.)

Aus der Tabelle A (Seite 274 bis 344 der „Mitteilungen") ergibt sich, daß der mittlere Fehler in weit größerem Maße durch die Art der Erzeugung der Materialien als durch die unvermeidlichen Versuchsfehler beeinflußt ist. Die Erkenntnis aus der Tabelle führt zu der Überzeugung, daß die Erzeuger von künstlichen Bausteinen alle Ursache haben, ihre Betriebsweise zu überdenken und zu überlegen, auf welche Weise gleichmäßigere Ware hergestellt werden kann. Andererseits wird die Tabelle A den Benutzern von Prüfungszeugnissen die Überzeugung bringen, daß das Urteil über die Ware unmöglich allein auf den Mittelwert gegründet werden darf, daß man vielmehr das Verhältnis der Einzelwerte zum Mittelwert auch mit in Anschlag bringen muß. Denn es dürfte wohl schwerlich in Zweifel zu ziehen sein, daß derjenige, der bei gleich günstigen Bedingungen unter zwei Lieferungen die Auswahl hat, den Vorzug derjenigen Ware geben wird, die bei gleichen Mittelwerten die geringsten Abweichungen vom Mittelwert zeigt, wobei natürlich vorausgesetzt werden muß, daß die Probenauswahl und die Zahl der Versuche so getroffen worden ist, daß die Versuchsreihe auch zuverlässig die mittleren Eigenschaften der Ware darstellt, was eben nach den Werten von $\pm\Delta_m$ oder nach $g \cdot n$ beurteilt werden kann, worin $g = \frac{1}{\pm\Delta_m}$.

Aus Tabelle A ergibt sich auch die weitere Überlegung, daß die Probenauswahl eine Sache von größter Bedeutung ist, und

Digitized by Google

daß die Angaben der Zeugnisse über diesen Punkt seitens ihrer Benutzer die allergrößte Beachtung verdienen, sobald es sich um Materialien handelt, die regelmäßig ihrer Natur nach große Abweichungen vom Mittel zeigen. Ich habe hier auch noch darauf aufmerksam zu machen, daß man durch den Kunstgriff, aus einer größeren Anzahl von Ergebnissen diejenigen fortzulassen, die am meisten vom Mittel abweichen, und aus dem Rest das Mittel zu bilden, scheinbar bessere Ergebnisse, geringere $\pm\Delta_m$ und größere $g \cdot n$ zu erzeugen vermag;

ich will es aber auch nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, daß das Herausgreifen oder Fortlassen einzelner Werte aus einer Versuchsreihe mindestens als ein grober Unfug zu bezeichnen ist. Es ist auch nicht zulässig, den Wert einer Versuchsreihe nach den beiden äußersten Einzelwerten zu beurteilen, ebensowenig wie es zulässig ist, diese Werte oder gar einseitig nur die kleinsten aus einer Reihe zu entfernen. Letztere Auslese stehe ich nicht an, als eine Täuschung, zum mindesten als eine Selbsttäuschung zu bezeichnen.

Es kommt wohl vor, daß im heftigen Wettbewerb versucht wird, das Versuchsergebnis nach oben hin zu schrauben. Wenn ein solches Vorgehen in vielen Fällen auch sich selbst straft, indem gelegentlich dem Sünder erhöhte Lieferungsbedingungen auferlegt werden, so sollten doch die Prüfstellen, aus allgemeinen Gründen, und die Industrie, aus Gründen der Erhaltung gesunden Wettbewerbs, gegen ein solches Vorgehen energisch auftreten, wo immer sich Gelegenheit dazu findet. Das Vertrauen in das öffentliche Prüfwesen und zu den Materialerzeugern muß leiden, wenn solches Gebaren geduldet wird.

Die Kunst der Probenentnahme will achtsam geübt sein und bedarf wohl erwogener Maßnahmen, die ebenso sorgsam durchdacht sein müssen wie das Vorgehen bei der Versuchsausführung selbst. Und doch ist gerade die Probenentnahme derjenige Teil im Materialprüfungswesen, der heute am stiefmütterlichsten behandelt wird. Man begnügt sich zumeist damit, daß ein Beamter bei der Probenentnahme zugegen ist und die Bescheinigung abgibt, daß die Proben aus einem bestimmten Betriebe stammen, allenfalls mit dem Hinzufügen, daß sie in seiner Gegenwart entnommen wurden. Daß die Proben mit Sach-

Digitized by Google

verstand und unter welchen Vorsichtsmaßregeln sie entnommen wurden, wird meistens gar nicht erwähnt. Es ist nicht wahrscheinlich, daß ein Notar, Amtsvorsteher oder Polizeibeamter für sich ein besonderes Maß von Sachverständnis in Anspruch nehmen wird. Nachdem also von den deutschen Staatsregierungen die Zweckmäßigkeit, wenn nicht die Notwendigkeit erkannt worden ist, das Materialprüfungswesen in besonderen Prüfämtern ausüben zu lassen, um der Bevölkerung die Möglichkeit zu geben, den Wert der Materialien unbeeinflußt von Sonderinteressen feststellen zu lassen, ist es eigentlich eine ebenso große Notwendigkeit und für den technischen Fortschritt in jeder Weise förderlich, daß die Probenentnahme unter die gleiche Möglichkeit gestellt wird. Das Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde, und sicherlich auch die übrigen Staatsanstalten, entsenden daher auf Antrag und unter Berechnung der hiefür angesetzten Gebühren ihre sachverständigen Beamten, um die Proben aus den Betrieben oder aus den Lieferungen entnehmen zu lassen.

Hierdurch wird, neben möglichst einwandfreier Probeentnahme zugleich erreicht, daß die Beamten mit den Erzeugern und Verbrauchern sehr nahe in Beziehung kommen und ihre Erfahrungen gegenseitig austauschen. Die Anstalten können dann auch mit mehr Aussicht auf Erfolg ihre größere Erfahrung dazu verwenden, die bestehenden Gegensätze zwischen Erzeugern und Abnehmern zu mildern und Aufklärung zu verbreiten; sie werden so besser ihrer Vermittlerrolle gerecht werden, als wenn sie dem Erwerbsleben fremd gegenüberstehen. Wie viel Nutzen kann geschaffen werden, wenn die Organisation des öffentlichen Materialprüfungswesens mit wahrem Verständnis von allen Seiten gefördert und weiter ausgebildet wird. Daß diese Fragen nicht mit Redensarten beiseite geschoben werden dürfen, beweisen leicht die in Tabelle A zusammengestellten Zahlenreihen. Ich hoffe, daß meine Anregung auf fruchtbaren Boden fallen wird, wenn ich mich hiermit an die Öffentlichkeit wende.

Die Tabelle A habe ich, wie schon gesagt, auf Grund von Sammelkarten nach Abb. 1 zusammengestellt, indem ich die Zahlen so ordnete, daß die Größe der Abweichungen und ihre Verteilung über das ganze Feld beim äußeren Ansehen der Tabelle sofort in die Augen springt. Man erkennt auch ohne weiteres den ver-

Digitized by Google

schiedenen Wert der einzelnen Reihen aus ihrer Ausdehnung über das Feld der Tabelle; die nach links zusammengedrängten Reihen haben in der Regel den kleineren mittleren Fehler und demnach bei gleicher Anzahl von Einzelwerten auch das größere Gewicht ihres Mittelwertes.

Um die Übersichtlichkeit noch zu erhöhen und vor allen Dingen den Nachweis zu verstärken, daß kein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen der Höhe der Mittelwerte und den mittleren Fehlern $\pm\Delta_m$ besteht, sondern daß die Größe des mittleren Fehlers in erster Linie Folge der Erzeugungsverhältnisse ist, habe ich noch Schaubilder Abb. 2 (siehe Anhang II am Schlusse dieses Berichtes) nach dem im Amt nach dem Muster von Tabelle A geführten Sammelregister entworfen, die die Häufigkeit der mittleren Fehler in ihren einzelnen Größenklassen darstellen.

Die Tabelle A („Mitteilungen" 1911, Seite 272—344) und besonders die Schaubilder in Abb. 2 lassen leicht erkennen, wie außerordentlich die in inniger Mischung von Bindemittel (Zement usw.) und Tragkörper (Sand, Kies usw.) hergestellten Kunststeine (Zementnormenkörper, Betonkörper, Kalksandsteine u. a. m.) beispielsweise den Ziegelsteinen hinsichtlich der Gleichmäßigkeit des Erzeugnisses überlegen sind. Ob hieran allein das Brennen der Ziegel oder ob auch die Art der Aufbereitung des Materials beteiligt ist, kann nicht ohne nähere Untersuchung ausgesprochen werden.

In Abb. 2 sind nach Tabelle A für die verschiedenen Materialien die Linienzüge eingetragen, welche die Häufigkeit der Abweichungen $\pm\Delta_m$ in der durch die Gruppen I—XII gegebenen Größenordnung darstellen. Die Anzahl der Reihen in den Tabellenabschnitten 1—17 = 100 gesetzt, ist in Verhältniszahlen umgerechnet und aufgetragen. Die Linienzüge geben also an, wieviel Abweichungen unter 100 in die einzelnen Gruppen fallen würden. sie sind unmittelbar miteinander vergleichbar; je mehr sie sich nach links verschieben, desto gleichmäßiger ist das Material. Die neben die Linien geschriebenen Zahlen *n* geben die Zahl der Einzelwerte in jeder Gruppe an, aus denen die Linienzüge abgeleitet sind.

Man erkennt aus Abb. 2, daß die Tonziegel und die Kalksandsteine durchschnittlich erheblich stärkere Abweichungen $\pm\Delta_m$ zeigen als alle übrigen Materialien. Die Linien liegen am meisten nach rechts verschoben; sie stellen sich erheblich ungünstiger dar als die ebenfalls künstlichen Steine (Würfel), die aus Zement mit

Digitized by Google

Sand- oder Steinfüllung gemischt und eingestampft sind (Linienzüge 4, 5 und 14—17); diese Materialien sind sogar den natürlichen Steinen überlegen (Linienzüge 6—13) und unter diesen zeigen die Linien 11 und 13 (Kalkstein und Melaphyr) besonders starke Abweichungen. Zu beachten bleibt die große Sicherheit bei den Zugversuchen mit Metallen (Linien 24—27).

Führt man die Betrachtungen innerhalb der einzelnen Hauptgruppen weiter aus, so zeigt sich, daß bei den Druckversuchen mit künstlichen Steinen (Linien 1—5 und 14—17) namentlich die Tonziegel und besonders die Hohlziegel eine ungünstige Stellung einnehmen. Als etwas besser erweisen sich die Kalksandsteine, als am gleichmäßigsten erscheinen Beton- und Zementwürfel. Gegenüber den Tonziegeln zeigt der Kalksandstein einen größeren Anteil an kleineren $+\Delta_m$; der Hauptanteil der Werte $+\Delta_m$ liegt in Gruppe VII, während er sich bei den Hohlsteinen über die Gruppen VIII—X verteilt.

Vergleicht man die Linien 4 und 5 für Beton untereinander, so erkennt man die Überlegenheit der Linie 4; ich komme darauf später noch einmal zurück; auch auf die Linien 14 und 15 (Zement) werde ich später noch eingehen.

Bei den natürlichen Steinen (Linien 6—13) erkennt man, daß es nur einen geringen Einfluß auf die Abweichungen zu haben scheint, wenn man die Gesteine trocken, wassersatt oder gefroren prüft. Die Linien decken sich fast und liegen in denselben Feldern; man kann also jedenfalls aus den vorliegenden Linien noch keinen ausgesprochenen Einfluß der genannten Zustände hinsichtlich des Zuverlässigkeitsgrades ableiten.

Aus Tabelle A erkennt man auch, daß hohe und geringe Festigkeiten gesetzlos nebeneinander vorkommen, wenn man die Reihen nach Gruppen von $+\Delta_m$ ordnet. Beim Vergleich nach der Herkunft der Steine erkannte man aber auch, daß es z. B. unter den Tonziegeleien und ebenso unter den Kalksandsteinfabriken Werke gibt, die sehr erheblich gleichmäßigere Ware erzeugen als andere. Vermutung ist, daß die gleichmäßigere Ware dort erzielt wird, wo größere Sorgfalt in der Erzeugung (bessere Aufbereitung) herrscht. Dies werde ich in einem späteren Aufsatz noch deutlicher zeigen können; wenn es erst möglich sein wird, eine große Zahl von Fabriken miteinander zu vergleichen.

Digitized by Google

Ich hoffe, daß die Erkenntnis dieses Zustandes die Industrie veranlassen wird, die Sorge für die Erzielung von gleichmäßig gutem Material auch in die weniger vollkommenen Betriebe zu verpflanzen, besonders wenn die Verbraucher erkennen lassen, daß sie die gleichmäßigere Ware auch höher bewerten.

Die Frage, ob es technisch notwendig ist, z. B. in einem Mauerwerk gleichmäßig feste Steine zu verwenden, oder ob man nicht gleiche Sicherheit auch dann erreichen kann, wenn man in einer Gruppe von festen Steinen auch minderfeste vermauert, ist m. W. technisch noch nicht entschieden. Dem Gefühl nach wird man ja wohl dem Mauerwerk mit gleichmäßig festen Steinen den Vorzug geben, aber die Frage der Zweckmäßigkeit kann dem Maße nach doch nur durch den Versuch entschieden werden. Man sollte also, um den Wert der Gleichmäßigkeit einwandfrei nachzuweisen, Versuche mit großen Mauerwerkskörpern vornehmen lassen; die Landesversuchsanstalten sind sehr wohl darauf eingerichtet, diese wichtige Frage zu prüfen.

In vielen Fällen ist die sogenannte praktische Erfahrung ein sehr unsicherer Maßstab, der, wenn er übermäßig bewertet wurde, schon oft Enttäuschungen zeitigte; häufig findet man, wenn man die Sache messend verfolgt, daß hinter der in Anspruch genommenen „praktischen Erfahrung“ Unkenntnis und Gedankenlosigkeit schlummert. Wo man einer Sache messend auf den Grund gehen kann, soll man das maßlose allgemeine Urteil „praktische Erfahrung“, nicht übermäßig bewerten. Als Zeugnis für die soeben ausgesprochene Ansicht führe ich an, daß ich im Ausschuß für Eisenbeton und in den Versammlungen des Betonvereines sehr nachdrücklich gegen die Einführung von zwei verschiedenen Prüfverfahren (A und B) zur Feststellung der Würfelfestigkeit von Beton aufgetreten bin. Ich hatte die praktische Erfahrung gegen mich und man hat trotz meines zu Protokoll gegebenen Widerspruches die Verfahren A und B, von denen das eine für „wissenschaftliche“, das andere für „praktische“ Versuche (auf der Baustelle) angewendet werden soll, angenommen und hat damit m. E. eine Kluft zwischen den Ergebnissen der Prüfungsämter und den Ergebnissen der Praxis geschaffen, die Verwirrung zeitigen muß und manches Ärgernis bereiten wird.

Digitized by Google

A. Versuche nach 7 Tagen Wasserlagerung. **B. Versuche nach 28 Tagen Wasserlagerung.**

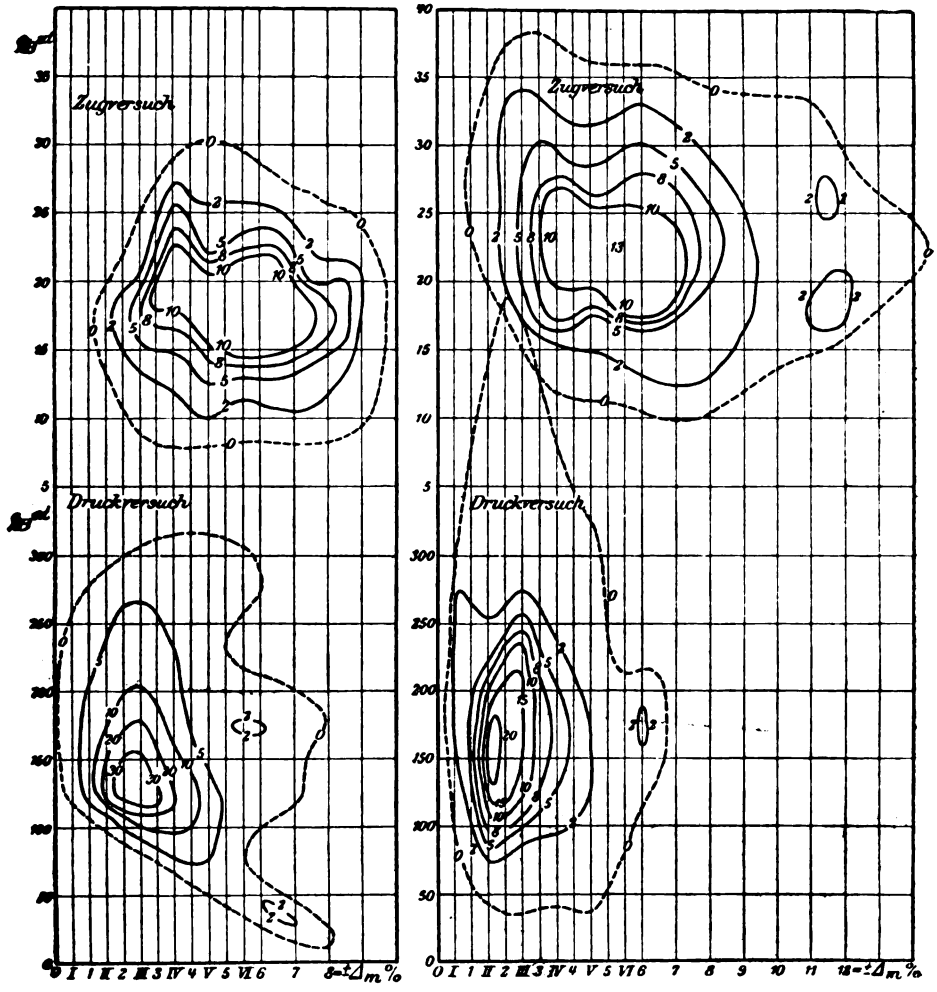


Abb. 3

Häufigkeitskurven für σ_B und $+\Delta$.

Die mit Ziffern bezeichneten Linienzüge stellen die Häufigkeit dar, mit welchen die zueinandergehörigen Werte von σ_{B_m} und $+\Delta_m$ in einer großen Reihe von Beobachtungen auftreten.

Digitized by Google

Wie wenig dieses Vorgehen den versuchstechnischen Erfahrungen entsprach, geht aus einem einzigen Blick auf Tab. A und Abb. 2 hervor; sie beweisen recht deutlich, wieviel unsicherer die Prüfungen nach dem Verfahren B (Würfel auf der Baustelle hergestellt, Linie 5) ausfallen, gegenüber den Prüfungen nach dem Verfahren A (Würfel im Amt hergestellt, Linie 4).

Wie groß ist die Gewähr dafür, daß im Streitfall die wiederholten Prüfungen das gleiche Ergebnis liefern? Muß nicht durch diesen Zustand Unsicherheit und Willkür bei der Beurteilung des Materials großgezogen werden? Kann dieser Zustand dem Baugewerbe und dem öffentlichen Bauwesen zur Förderung dienen?

Bei Gelegenheit der Aufstellung der neuen Deutschen Normen für die Prüfung von Portlandzement und Eisenportlandzement wurde die Wertbemessung der Zemente nach

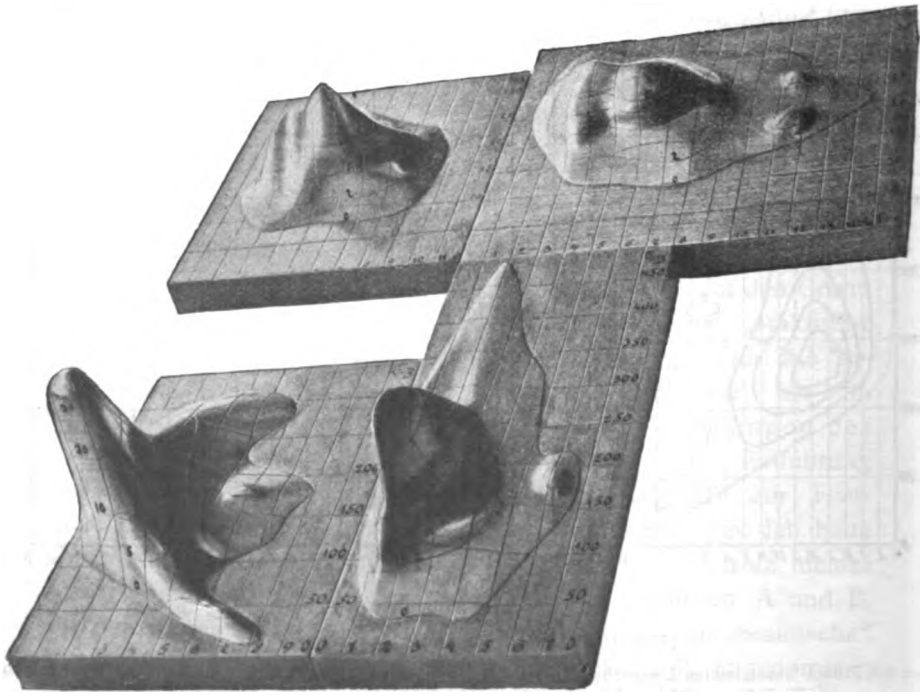


Abb. 4.

Häufigkeit der Werte σ_B und $\pm\Delta_n$ %. Modelle entworfen nach Abb. 3.

Digitized by Google

den Ergebnissen der Druckversuche gegenüber der früheren Bewertung nach den Ergebnissen der Zugversuche in den Vordergrund gestellt. Aus den Schaubildern Abb. 3 erkennt man beim Vergleich der eingekreisten Felder, die die mittlere Häufigkeit der Werte bestimmter Festigkeit und mittlerer Abweichung $+\Delta_m$ bei der Prüfung von Zementen auf Zug und Druck anzeigen, daß die Zugfestigkeiten größere Feldausdehnung aufweisen. Der Schwerpunkt des Feldes liegt beim Zugversuch mehr nach rechts als in den Feldern für den Druckversuch, der Sicherheitsgrad des Mittels ist also beim Druckversuch größer als beim Zugversuch. Man erkennt auch aus diesen Darstellungen, daß die Größe der Werte σ_{+B} und σ_{-B} nicht bestimmend sind für die Größe der Abweichungen $+\Delta_m$, denn bei niedrigem σ_B kommen ebensoviel Werte $+\Delta_m$ von bestimmter Größe vor als bei hohem σ_B. Um die Sache noch anschaulicher zu machen, ließ ich nach Abb. 3 körperliche Darstellungen anfertigen, von denen die Lichtbilder Abb. 4 entnommen sind.

In Tabelle A und in Abb. 2 sind aber auch noch die Häufigkeiten gleicher Werte $+\Delta_m$ dargestellt, getrennt nach Körpern, bei denen die Mischung von Zement, Normensand und Wasser einmal mit dem Mörtelmischer (Linien 14, 15 und 16) und das andere Mal von Hand ohne Mörtelmischer erfolgte. Wesentliche Unterschiede (Einfluß der Mischungsart) haben sich nicht gezeigt. Dabei ist allerdings im Auge zu behalten, daß im Betriebe des Amtes auch vor der Einführung des Mörtelmischers der Handbetrieb sehr sorgfältig durchgeführt wurde. Das Ergebnis darf also an sich keineswegs für Beseitigung des Mörtelmischers in Anspruch genommen werden. Dieser ergibt mit größerer Zuverlässigkeit übereinstimmende Werte als die Handmischung; denn, abgesehen davon, daß der Betrieb mit Mischer nicht so leicht allen Zufälligkeiten ausgesetzt ist, wie sie beim Handbetrieb eintreten können, gewinnt die Allgemeinheit die Gewißheit, daß nach Einführung des Mörtelmischers bei allen Prüfstellen, auch bei denen, die nicht dauernd über ein gleichmäßig geübtes Probenmacherpersonal verfügen, doch nicht so arg gesündigt werden kann, wie dies vor Einführung des Mörtelmischers möglich war.

In den Reihen 14, 15 und 16, Tabelle A, und in den Linien 14—16 in Abb. 2 gab ich eine Zusammenstellung von je

Digitized by Google

100 bis 200 beliebig herausgegriffenen Druckversuchsreihen aus den Betriebsjahren 1906, 1907 und 1908 über die Prüfung von Portlandzement 1 : 3 nach den damals geltenden Normen für Zementprüfung, um zu sehen, in welchem Maße in einem Betriebe, wie in Groß-Lichterfelde, mit einer gewissen Gleichmäßigkeit zu rechnen ist. Der Vergleich läßt erkennen, daß im Lauf der Jahre und im großen und ganzen die Häufigkeit von $\pm\Delta_m$ keine Verschiebung erfahren hat. Die Linien erstrecken sich über die Gruppen I bis V und das Maximum der Häufigkeit liegt in allen drei Linienzügen etwa in Gruppe II (Δ_m = 1,0 — 1,9%).

Der Verein Deutscher Portlandzementfabriken gab mir in dankenswertem Entgegenkommen die Möglichkeit, auch die oben bereits berührte Frage eingehend zu behandeln, welchen

Tabelle B. **Vergleich der Ergebnisse von 5 Prüfstellen.**

Druckversuche mit gleichem Zement, gleichem Sand und gleichem Wasserzusatz.

a) Zählkarte-Druckversuche.

Prüfstelle:		1		2		3		4		5	
Antrag Nr.											
Mittel	σ-B	−285,4		−304.0		301,8		− 289,4		−298,3At.	
		v	+△ %	v	+△ %	v	+△ %	v	+△ %	v	+△ %
Abweichungen vom Mittel	1	99	1	100	0	99	−1	100	0	98	− 2
	2	102	+2	100	0	100	0	102	+2	104	+4
	3	94	- 6	98	2	98	− 2	99	−1	98	2
	4	100	0	100	0	102	+2	102	+2	103	+3
	5	100	0	99	−1	100	0	102	+2	98	− 2
	6	106	+6	102	+2	100	0	100	0	98	−2
	7	98	2	1 0	0	101	+1	99	−1	99	- 1
	8	100	0	.01	+1	98	−2	102	+2	102	+2
	9	100	0	102	+2	102	+2	99	−1	98	2
	10	100	0	98	−2	101	+1	99	1	103	+3
	Σ	10	17 8 9	10	10 5 5	10	11 6 5	10	12 8 4	10	23 11 12
Σ n			+		+		+		+		+
△n %			1.7		1,0		1.1		1.2		2.3

b) Berechnung des Vergleichswertes für Druckversuche.

Prüfstelle	$+\Delta_m$ %	$g = \frac{1}{\Delta_m} \cdot n$ (n = 10)	σ_{B_m} At. Mittel	$\sigma_{B_m} \cdot g$	Verhältniszahlen V (295,8 = 100)	Verhältniszahlen V (296,6 = 100)
1	1.7	5,9	285,4	1684	96	96
2	1,0	10.0	304.0	3034	103	103
3	1.1	9,1	301.8	2747	102	102
4	1,2	8,3	289,4	2402	98	98
5	2.3	4.4	298,3	1318	101	101
	Σ =	37,7	1478.9	11180		
Mittel $\frac{1478,9}{5}$ = σ-B = 295 8						
Mittel $\frac{11180}{37,7}$ σ'-B				296.6		

Digitized by Google

Sicherheitsgrad die Prüfung an verschiedenen Prüfstellen etwa in Anspruch nehmen kann. Ich habe in Tabelle B, in gleicher Weise wie früher, die Ergebnisse von Druckversuchen zusammengestellt, die an verschiedenen Stellen, nämlich beim Amt in Groß-Lichterfelde, beim Vereinslaboratorium in Karlshorst und bei drei Fabriken mit demselben Zement und Normensand gefunden wurden, die von Karlshorst gleichzeitig an alle Prüfstellen verteilt waren.

Aus der Tabelle B ergibt sich, daß die Mittel der einzelnen Reihen immerhin bis zu 4% voneinander abweichen, wenn man den Mittelwert aus den Ergebnissen aller 5 Prüfstellen als Vergleichsmaßstab wählt. Man erkennt aber auch die außerordentliche Gleichmäßigkeit in der Herstellung der Proben. Die mittleren Fehler in den einzelnen Reihen sind nur klein und bewegen sich an der unteren Grenze für $\pm\Delta_m$, wie sie in Tabelle A gefunden wurde. Man könnte offenbar versucht sein zu sagen, Prüfstelle 1 und 5 haben die größten mittleren Fehler, also arbeiteten sie nicht mit der gleichen Zuverlässigkeit wie die Prüfstellen 2, 3 und 4, deren mittlere Fehler übereinstimmend nur etwa halb so groß sind. Wollte man die Werte der Reihen 1 und 5 ausschließen, so würde man dennoch ein Unrecht begehen, denn es ist nicht notwendig, daß ungenaue Maschinen oder mangelhafte Bedienung die größeren Fehler bedingen. Der Maschinenfehler kann bei unserer gegenwärtigen Betrachtung sogar ganz außeracht gelassen werden, weil die Größe von $\pm\Delta_m$ innerhalb der einzelnen Reihen nicht von der Richtigkeit der Maschine, sondern weit mehr von ihrem Empfindlichkeitsgrade abhängt[1]); man muß aber annehmen, daß der Empfindlichkeitsgrad der 5 in Vergleich gestellten Maschinen ursprünglich der gleiche gewesen ist, weil die 5 Maschinen von gleicher Bauart sind und sie wahrscheinlich sogar aus der gleichen Fabrik stammen.

Der Fehler der Maschine (des Kraftmessers) muß, wie ich weiter oben bereits ausführte, durch unmittelbare Prüfung bestimmt werden[2]).

[1]) Unrichtige Maschinen können Versuchsreihen mit in sich guter Übereinstimmung liefern, wenn gleichmäßiges Material geprüft wird, und wenn sie hinreichend empfindlich sind, um die bestehenden geringen Materialungleichheiten noch anzuzeigen.

[2]) Martens: Materialienkunde für den Maschinenbau I. Abs. 489, 509, 529, 534, 543. — Verlag von Julius Springer, Berlin.

Digitized by Google

In Tabelle C (siehe Anhang III und IV am Schlusse dieses Berichtes) habe ich, ebenfalls ohne Nennung der Prüfstellen, in etwas ausführlicherer Form als in Tabelle B, eine Übersicht über einen Vergleich gegeben, der vor einiger Zeit zwischen den staatlichen Materialprüfungsämtern Deutschlands angestellt worden ist.[1]) Dabei ist der Zement von der Stelle A aus an alle Stellen verteilt worden; A und die übrigen Stellen haben normenmäßig Probekörper in größerer Zahl hergestellt und gegen einander ausgetauscht, wobei die Stellen den bei ihnen vorhandenen Normensand von Freienwalde benutzten. Die Körper sind in jedem Falle an zwei Stellen geprüft, 10 Stück von der erzeugenden Stelle und 10 Stück von der Stelle A, so daß ein mehrfacher wechselweiser Vergleich möglich geworden ist. Um jegliche Beeinflussung auszuschließen, wurde verabredet, daß die an alle anderen Anstalten mitzuteilenden Prüfungsergebnisse alle am gleichen Tage auf die Post gegeben werden sollten. Da ferner erfahrungsgemäß die Größe des Wasserzusatzes von Einfluß auf das Versuchsergebnis ist, so wurde auch verabredet, daß der Hauptteil der Proben mit dem von A festgestellten Wasserzusatz von 8,5 % angemacht werden sollte. Im übrigen war es den Stellen freigelassen, auch mit anderen Wasserzusätzen, d. h. so zu arbeiten, wie sie es gewohnt waren. Hieraus sind die Zahlen unter Gruppe IV Tabelle C Teil 1 entstanden.

Bei diesem Vorgehen war zu erwarten, daß die Unterschiede in den Prüfungsergebnissen der verschiedenen Stellen im wesentlichen nur noch durch die geringen Unterschiede in der Probenmacherarbeit und die Prüfungshandhabung bei den einzelnen Stellen, sowie durch die Unterschiede in der Probenlagerung beeinflußt wären, da angenommen werden muß, daß die Staatsanstalten ihre Maschinen und Prüfvorrichtungen auf besten Stand gestellt und erhalten haben werden. In Teil 1 Tabelle C sind noch Gegenüberstellungen gemacht, die die Arbeit der Anstalten weiter erläutern; Tabelle C ist daher in vieler Beziehung lehrreich.

Die Reihe I, zu welcher die Körper alle einheitlich von A hergestellt wurden, ergibt den Ausdruck für die Verschiedenheiten der Prüfungsverfahren bei den einzelnen Stellen, während Reihe II den Ausdruck für die Sicherheit bei einheitlicher Probenherstellung und Prüfung bei den verschiedenen Ämtern bringt; in Reihe III

[1]) NB. Man sollte einen solchen Vergleich auch für die in anderen Ländern gebräuchlichen Prüfverfahren anstellen und für einheitliche internationale Lieferbedingungen nur diejenigen Verfahren empfehlen, die den größten Zuverlässigkeitsgrad liefern. A. M.

Digitized by Google

kommen die Verschiedenheiten des ganzen Versuchsverfahrens bei den einzelnen Stellen zum Ausdruck. Um den Vergleich übersichtlicher zu gestalten, habe ich in Tabelle D nochmals die Mittelwerte aus Reihe I—III zusammengestellt. σ_B und σ'_B (σ'_B mit den Gewichten g aus den Einzelreihen errechnet) unterscheiden

Tabelle D.

Gegenüberstellung der Mittelwerte aus Tab. C. I—III

	σ_{B_m} at	σ'_{B_m} at	$\pm\Delta_m$ %	$\pm\Delta'_m$ %	$g = \frac{1}{\Delta_m} \cdot n$	r = Raumgewicht	$\pm\Delta_m$ in % bezogen auf n = 100		
							0—10 %	11—20 %	21—29 %
a) Zugversuche: n = 10 und w = 8,5 %									
Körper:									
I Hergest. v. A, gepr. v. A—G	+23,1	+23,3	4,7	3,7	2,36	(2,344)	93	7	—
II „ „ A—G „ „ A	+23,1	+23,1	5,5	8,6	1,95	2,336	88	12	—
III „ „ A—G „ „ A—G	+21,9	+22,3	4,7	11,3	2,28	(2,308)	93	7	—
Mittel	**+22,7**	**+22,9**	4,97	—	**2,16**	**2,329**	**91**	**9**	—
b) Druckversuche: n = 5 und w = 8,5 %									
Körper:									
I Hergest. v. A, gepr. v. A—G	—231	—232	2,63	1,7	2,28	(2,267)	97	3	—
II „ „ A—G „ „ A	—218	—223	3,80	1,0	2,07	2,252	92	8	—
III „ „ A—G „ „ A—G	—220	—228	2,58	2,0	3,37	(2,248)	100	0	—
Mittel	**—223**	**—228**	3,00	—	**2,86**	**(2,254)**	**96**	**4**	—

sich nur wenig von einander. Die Zugversuche, obwohl mit $n = 10$ ausgeführt, zeigen ein geringeres Gewicht $g = \frac{1}{\Delta_m} \cdot n$ als die mit $n = 5$ ausgeführten Druckversuche, nämlich **2,16** gegen **2,86**. Die Raumgewichte sind nicht streng vergleichbar, weil nicht in allen Fällen bestimmt. Bei der Mehrzahl der Reihen fallen alle Werte von $\pm\Delta$ in Gruppe $\pm\Delta = 0—10\%$, nämlich unter 100 Werten **91—96**, in die Gruppe $\pm\Delta = 11—20\%$ fallen dagegen nur 9—4 Werte, während Abweichungen $\pm\Delta$ größer als 20 % überhaupt nicht vorkommen. Man hat es also im Vergleich zu Tabelle A 15—17 mit recht befriedigenden Versuchsreihen zu tun. Auch aus dem Vergleich der einzelnen Gruppen von Tabelle B und aus Abb. 3 und 4 geht hervor, daß die Werte für die Zugfestigkeit durchschnittlich ein kleineres Gewicht haben als die Reihen für die Druckfestigkeit; wiederum ein Beweis dafür, daß es gerechtfertigt

Digitized by Google

war, die Eigenschaften des Zementes nach den neuen Normen an den Ergebnissen aus 5 Druckversuchen zu beurteilen. Die Gewichte in den Gruppen I und II sind:

für Zug 2,36 und 1,85, bei n = 10
„ Druck 2,28 „ 2,07, „ n = 5.

Versuchstechnisch ist also die Bestimmung nach den neuen Normen gut gerechtfertigt.

Weil die Einzelwerte für die Festigkeiten in den einzelnen Reihen nicht erheblich voneinander abweichen, bekommt man bei der Berechnung der Mittelwerte, wie man sie bei der Bildung der Mittelwerte unter Berücksichtigung der Gewichte der Einzelreihen erhält (sie sind mit dem Index ' versehen), fast die gleichen Werte, wie bei der direkten Mittelbildung (ohne Index). Die Abweichungen sind am größten, wenn einseitig Reihen mit großen oder kleinen Werten vorkommen, die mit großem Gewicht behaftet sind.

Reihe II gibt σ_{-B} = 218 at und σ'_{-B} = 223 at
„ III „ σ_{-B} = 220 „ „ σ'_{-B} = 228 „

Tabelle E.

Gegenüberstellung der Mittelwerte aus Tab. C.

Reihe	Stelle	σ_{Bm} at	σ'_{Bm} at	$+\Delta_m$ %	$g = \frac{1}{\Delta_m^2 \cdot n}$	r = Raumgewicht	Anzahl der Fälle $\pm\Delta_m$ in % bezogen auf n = 100: 0—10 %	11—20 %	21—29 %	Verhältniszahl $\frac{\sigma'_{Bm}}{\sigma_{Bm}} \cdot 100$
a) Zugversuche: n = 10 und w = 8,5 %										
V	A	+25,6	+25,6	5,3	1,88	2,357	100	—	—	104
VI	B	+23,3	+23,3	5,0	2,11	332	93	7	—	103
VII	C	+20,1	+20,0	5,7	1,82	342	83	17	—	88
VIII	D	+22,7	+22,5	5,4	2,07	314	90	10	—	99
IX	E	+24,1	+24,1	4,5	2,44	286	93	7	—	106
X	F	+23,5	+23,4	3,8	2,72	329	93	7	—	103
XI	G	+19,8	+20,4	5,1	2,06	286	83	17	—	87
Mittel		**+22,.**	**+22,7**	**4,99**	**1,82**	**2,291**	**91**	**9**	—	—
b) Druckversuche: n = 5 und w = 8,5 %										
V	A	−234	−234	1,0	5,00	2,282	100	—	—	104
VI	B	−238	−237	2,9	2,62	251	93	7	—	106
VII	C	−224	−224	2,1	2,70	265	100	—	—	100
VIII	D	−220	−218	1,7	3,82	188	100	—	—	97
IX	E	−238	−239	2,5	2,09	234	100	—	—	106
X	F	−216	−225	5,0	1.19	276	93	7	—	100
XI	G	−191	−196	5,7	0,89	245	87	13	—	87
Mittel		**−223**	**−225**	**2,98**	**2.56**	**2,242**	**96**	**4**	—	—

Digitized by Google

Um den Vergleich der einzelnen Ämter untereinander noch mehr zu erleichtern, ist im zweiten Teil von Tabelle E eine Zusammenstellung der Reihen nach den einzelnen Anstalten getrennt gemacht, Gruppen V—XI, wobei aber nur die Körper berücksichtigt sind, die mit $8{,}5\%$ Wasser angemacht wurden. Es sind die Mittelwerte von diesen Reihen in Vergleich gestellt; in Spalte V' sind die Verhältniszahlen bezogen auf die Hauptmittel σ' gegeben, die den zahlenmäßigen Vergleich der Anstalten untereinander liefern. Es ergibt sich

für Amt	A	B	C	D	E	F	G
Zugreihe	104	103	88	99	106	103	87
Druckreihe	104	106	100	97	106	100	87
Mittel	104	104	94	98	106	102	87

Hiernach kann man besonders die Ämter A—F als leidlich gut übereinstimmend ansehen, während G durchschnittlich zu niedrige Werte gefunden hat; die Ursache dieses Umstandes bedarf aber noch der Aufklärung.

Immerhin wird es zu wünschen sein, daß durch öftere Wiederholung solcher vergleichenden Untersuchungen unter den deutschen Anstalten tunlichst eine noch bessere Übereinstimmung herbeigeführt wird, wenn auch nicht zu verkennen ist, daß nahezu die mögliche Grenze bereits erreicht sein wird. Vielleicht gelangt man zu noch besserer Übereinstimmung, wenn neben dem gleichen Zement auch ganz gleicher Normensand benutzt wird, indem man in Zukunft nicht nur den Zement, sondern auch den Normensand, jeden für sich gehörig durchmischt, von einer Stelle aus verteilt und vielleicht auch noch gleiches Wasser benutzt und alle Geräte vorher nochmals auf ihre Richtigkeit prüft. Daß diese Maßnahmen bessere Übereinstimmung herbeizuführen versprechen, dürfte wohl bei einem Blick auf Tabelle B einleuchten, wo die Prüfstellen 1—5 etwas bessere Übereinstimmung erzielten.

Wenn die öffentlichen Prüfämter freiwillig dahin übereinkämen, untereinander regelmäßig Prüfungen, wie vorgeschlagen, mit dem gleichen Zement vorzunehmen und die Einzelwerte zu veröffentlichen, so würden ihre Auftraggeber die Möglichkeit gewinnen, sich von dem Zuverlässigkeitsgrade der Probenherstellung an allen Stellen ein Bild zu machen; das Materialprüfungswesen und die Öffentlichkeit

Digitized by Google

würden davon den größten Nutzen ziehen, denn es würde sich bald ein gesundes Streben nach Vervollkommnung unter den Prüfstellen befestigen. Zugleich würden die bei den Großabnehmern der deutschen Industrie bestehenden Prüfstellen gezwungen werden, mit der gleichen Sicherheit zu arbeiten wie die öffentlichen Ämter.

Auch sie würden sich dem Kontrollsystem anschließen, oder ihre Prüfungen aufgeben müssen, weil sie sonst im Streitfalle nicht den überzeugenden Nachweis erbringen könnten, daß ihre Arbeit gleichwertig ist mit derjenigen der öffentlichen Ämter. Wenn außerdem die öffentlichen Ämter die Gepflogenheit annehmen wollten, ihre Prüfungsergebnisse jährlich in einer ähnlichen übersichtlichen Weise bekannt zu geben, etwa wie sie in Abb. 1 und Tabelle C angedeutet ist, so könnte man sich im Laufe der Jahre ebenfalls, wenn auch mühselig, ein gutes Urteil darüber bilden, mit welcher Sicherheit man Materialprüfungen überhaupt gewährleisten kann. Heute schwebt dieser Punkt noch ganz im Dunklen.

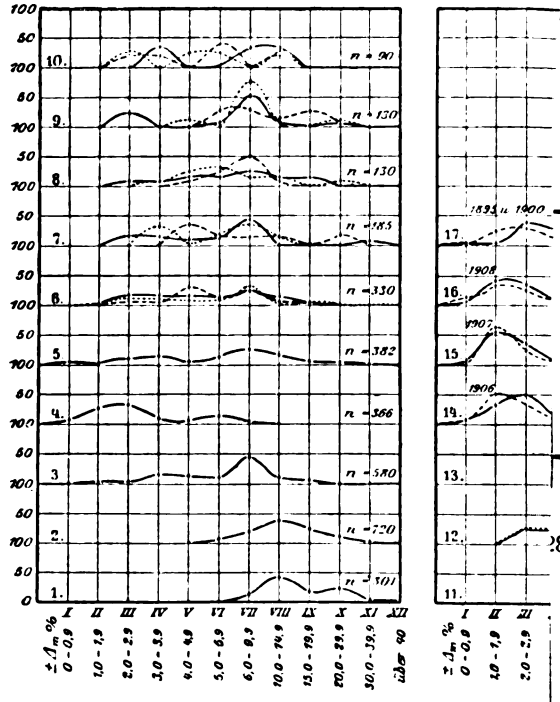
Um zu dieser Frage einen Beitrag zu liefern, habe ich in Tabelle F (Anhang V), wegen der besseren Übersicht, unter Wiederholung der bereits besprochenen Reihen 1 bis 17 auch noch die Ergebnisse behandelt, die bei der Prüfung von Geweben und Metallen auf Zugfestigkeit im Laufe der Jahre gewonnen worden sind. Ich habe die Materialien in mehreren Gruppen zusammengefaßt und innerhalb der einzelnen Gruppen die Mittelwerte gebildet. Die Tabelle G (Anhang VI) gibt unter Spalte n die Einzelfälle und daneben in den folgenden Spalten die Häufigkeiten, bezogen auf n = 100, die Häufigkeit, in welcher Werte von der im Kopf angegebenen Größenordnung vorkommen. Diese Zahlenreihen wachsen nach rechts hin mit dem Wachstum der Gruppen I bis XII. Gruppe A umfaßt die Kunststeine, Gruppe B die natürlichen Steine, Gruppe C den Portlandzement, Gruppe D die Gewebe und zwar sind hier von den Zugversuchen sowohl die Werte für die Reißlängen (Zugfestigkeit) als auch die Werte für die Dehnungen zusammengestellt.

Eine Schlußzusammenstellung ist in Tabelle G (Anhang VI) gegeben.

Digitized by Google

Abb. 2. Übersicht über die Häufigkeit der A
Gesamtzahl der Einzelwerte innerhalb der Gruppen
schiedene Mate

NB. Da die Prüfungen in den verschiedenen Zuständen der
der Fälle gleicher Größe zeigen, so sind bei der Aufstellun
Zahl n gibt die Anzahl der Einze



Erklärung zu Abb. 2.

1.–5. Künstliche Steine
(Druckversuche)

Tonziegel { 1. Hohlsteine
2. Vollsteine
3. Kalksandsteine
4. u. 5. Betonwürfel
4. im Amt hergestellt
5. vom Antragsteller „

6.–1

6. Sand
7. Gran
8. Grau
9. Basa

18.–22. Faserstoffe.
(Zugversuche)

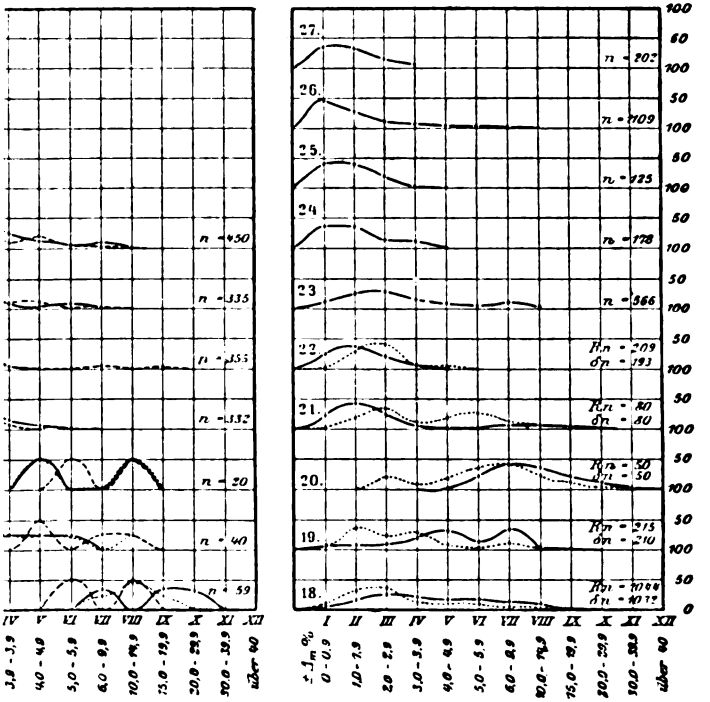
18. Segeltuch
19 Leinendrell
20. Juteleinen
21. Lastings
22. Wollstoff

——— Reißlänge ------ De

Digitized by Google

bweichungen bestimmter Größe $\pm\Delta$ (in Prozenten von der $\pm\Delta_m$ = I—XII). Aus den Betriebsübersichten des Amtes für verrialgruppen zusammengestellt.

Iaterialien keine wesentlichen Verschiebungen in der Verteilung der Häufigkeit g zur Tabelle G die Zahlen in den Materialgruppen zusammengezogen. Die lwerte, aus denen die Linienzüge abgeleitet sind.



3. Natürliche Steine
(Druckversuche)

stein 10. Porphyr
it 11. Kalkstein
wacke 12. Diabas
lt 13. Melaphyr
· trocken geprüft
· wassersatt „
· gefroren „

14.—17. Portlandzement
(Druckversuche)

14.—16. mit Mörtelmischer hergestellt
17. ohne „ „
——— 7 Tage Wasserlagerung
– – – 28 „ „
Die Jahrgänge der Prüfung sind über der Liniennummer angegeben.

23.—27. Seile und Metalle
(Zugversuche)

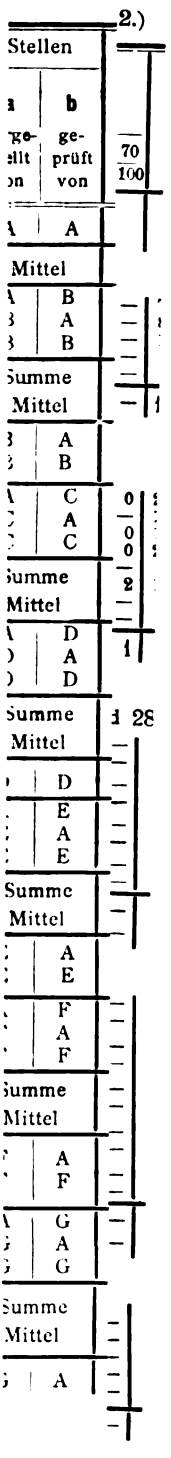
23. Hanfseile 26. Flußeisen
24 Drahtseile 27. Kupfer
25. Schweißeisen.

inung

Digitized by Google

von A wurden Proben geprüft, die aus dem angemacht

it nach 28 Tagen.				±Δm = in % bezogen auf n = 100		
$\sigma_B \cdot g$	r	V	±ΔRm	0–10	11–20	21–29
		(231 = 100)				
1170	2,282	101	+ 1	100	—	—
440	2,250	99	— 1	100	—	—
375	—	98	— 2	100	—	—
532	—	101	+ 1	100	—	—
470	—	98	— 2	100	—	—
460	2,270	103	+ 3	100	—	—
256	—	102	+ 2	80	20	—
3703	6,802	—	+7–5	97	3	—
232	(2,267)	—	—	—	—	—
		±ΔRm = 1,7 %				
1170	2,282	107	+ 7	100	—	—
236	262	113	+ 13	80	20	—
510	265	102	+ 2	100	—	—
593	138	98	— 2	100	—	—
409	270	113	+ 13	100	—	—
125	304	85	— 15	80	20	—
147	245	81	— 19	80	20	—
3190	—	—	+35–36	92	8	—
223	2,252	—	—	—	—	—
		+ΔRm = 1,0 %				
1170	2,282	106	+ 6	100	—	—
1195	240	108	+ 8	100	—	—
930	—	102	+ 2	100	—	—
1070	—	98	— 2	100	—	—
610	197	110	+ 10	100	—	—
216	254	102	+ 2	100	—	—
123	—	74	— 26	100	—	—
5314	—	—	+28–28	100	—	—
228	(2,243)	—	—	—	—	—
		+ΔRm = 8,9 %				
1170	2,282	—	—	100	—	—
98	—	—	—	100	—	—
497	—	—	—	100	—	—
256	—	—	—	60	40	—
218	—	—	—	100	—	—
97	—	—	—	100	—	—
142	—	—	—	100	—	—
1220	—	—	—	100	—	—
376	—	—	—	100	—	—



Digitized by Google

ung bei den verschiedenen Ämtern.

σ_{B_m} at	$\pm\Delta_m$ %	$g = \frac{1}{\Delta_m \cdot n}$	n	w %	$\sigma_B \cdot g$	r	V	$\pm\Delta R$	$\pm\Delta_m$ = in % bezogen auf n = 100		
									0–10	11–20	21–29
234	1.0	5.0	5	8,5	1170	2,282	—	—	100	—	—
234	1.0	5,0	—	—	**234**	2,282	—	—	**100**	**0**	**0**
229	2,6	1,92	5	8,5	440	2,250	—	—	100	—	—
246	5.2	0,96	5	8,5	236	262	—	—	80	20	–
239	1.0	5.00	5	8,5	1195	240	—	—	100	—	—
714	8,8	7,88	—	—	1871	6.752	—	—	280	—	—
238	2.93	2,62	5	8.5	**237**	2.251	—	—	**93**	**7**	**0**
275	1,4	—	5	8,0	—	—	—	—	100	—	—
270	1,4	—	5	8.0	—	—	—	—	100	—	—
225	3.0	1,67	5	8,5	375	--	—	—	100	—	—
223	2.2	2.28	5	8,5	510	2,265	—	—	100	—	—
223	1.2	4,16	5	8,5	930	—	—	—	100	—	—
671	6,4	8,11	—	—	1815	—	—	—	—	—	—
224	2.1	2,70	5	8.5	**224**	(2.265)	—	—	**100**	**0**	**0**
233	2,2	2,27	5	8,5	532	—	—	—	100	—	—
213	1,8	2,78	5	8.5	593	2,138	—	—	100	—	—
215	1,0	5,00	5	8,5	1070	—	—	—	100	—	—
661	5,0	10.05	—	—	2195	—	—	—	—	—	—
220	1,7	3,32	5	8.5	**218**	(2.188)	—	—	**100**	—	—
182	6,4	—	5	8,4	—	—	—	—	—	**0**	**0**
225	2.4	2.09	5	8,5	470	—	—	—	100	—	—
245	3,0	1,67	5	8.5	409	2,270	—	—	100	—	—
244	2.0	2.50	5	8,5	610	2.197	—	—	100	—	-
714	7,4	6,26	—	—	1489	4.467	—	—	—	—	—
238	2.5	2.09	5	8.5	**239**	(2.284)	—	—	**100**	**0**	**0**
258	2.6	—	5	8.25[1])	—	—	—	—	100	—	—
244	1,0	—	5	8.25[1])	—	—	—	—	100	—	—
239	2,6	1,92	5	8,5	460	2,270	—	—	100	—	—
185	7.2	0,69	5	8.5	125	2,304	—	—	80	20	—
225	5.2	0,96	5	8,5	216	2.254	—	—	100	—	—
649	15,0	3,57	—	—	801	6.828	—	—	—	—	—
216	5.0	1,19	5	8,5	**225**	2.276	—	—	**93**	**7**	**0**
216	4.6	—	5	8.0	—	—	—	—	60	40	—
241	3,2	—	5	8,0	—	—	—	—	100	—	—
235	4.6	1,09	5	8,5	256	—	—	—	80	20	—
176	6,0	0,84	5	8 5	147	2.245	—	—	80	20	—
162	6.6	0,76	5	8,5	123	-	—	—	100	—	—
573	17.2	2.69	—	—	526	—	—	—	—	—	—
191	5,7	0,89	5	8,5	**196**	(2 245)	—	—	**87**	**13**	**0**
192	4.4	—	5	8.4	—	—	—	—	100	—	—

Digitized by Google

100) in den Materialgru

hterfelde

Anhang VI. h Abb. 2.)

C) Portland-Zemer

1906				1907			
Zug		Druck		Zug		Druck	
14				15			
n	V	n	V	n	V	n	V
	%		%		%		%
0	0	39	5	0	0	45	5
0	0	368	45	0	0	539	59
10	1	318	39	20	2	240	26
45	5	80	10	100	10	70	8
147	16	10	1	80	8	0	0
118	13	10	1	200	21	0	0
500	55	0	0	430	44	15	2
95	10	0	0	138	14	0	0
0	0	0	0	0	0	6	1
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
915	100	825	101	968	99	915	101

E) Seil

raht-seil		Schweiß-eisen		Fluß-eisen		Kupf
24		25		26		27
	V	n	V	n	V	n
89	89	49	40	535	48	70
36	37	48	40	326	29	65
22	17	24	20	93	8	45
21	12	0	0	85	8	22
0	0	0	0	26	2	0
0	0	0	0	20	2	0
0	0	0	0	26	2	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
8	105	121	100	1111	99	202

	ungen n % ittel	
	40 50 60 70	
	49 59 69 100	
Grt =	%	
Tonziegel, Hohls	2 2 — —	
„ Vollst	2 1 — —	
Kalksandsteine	5 0 — —	
Beton im Amt h	— — — —	
„ a. Baustelle s	4 0 — —	
M	5 0 — —	1
Sandstein	0 0 0 0	
Granit	— — — —	
Grauwacke	8 0 0 0	
Basalt	0 0 0 0	
Porphyr	— — — —	
Kalkstein	2 0 0 2	
Diabas	— — — —	
Melaphyr	— — — —	
M	2 0 0 1	

ch 7 und 28

1906	Zu	— — — —
	Dr	— — — —
1907	Zu	— — — —
	Dr	0 0 — —
1908	Zu	— — — —
	Dr	— — — —
1896—1900	Zu	— — — —
	Dr	— — — —
Mittel	Zu	— — — —
	Dr	0 0 — —

Segeltuch	Reißli	— — — —
	Dehnu	— — — —
Leinendrell	Reißli	— — — —
	Dehnu	— — — —
Juteleinen	Reißli	— — — —
	Dehnu	— — — —
Lasting	Reißli	— — — —
	Dehnu	— — — —
Wollstoff	Reißli	— — — —
	Dehnu	— — — —
Mittel	Reißlä	— — — —
	Dehnu	— — — —

Hanfseile	Zu	— — — —
Drahtseile	Zu	— — — —
Schweißeisen	Zu	— — — —
Flußeisen	Zu	— — — —
Kupfer	Zu	— — — —
Mittel	Zu	— — — —

Digitized by Google

West mit verschiedenen Materialien.

n	Abweichungen $+\Delta$ in % vom Mittel										n	Abweichungen $+\Delta$ in % vom Mittel										n	Abweichungen $+\Delta$ in % vom Mittel									
	0	6	11	16	21	30	40	50	60	70		0	6	11	16	21	30	40	50	60	70		0	6	11	16	21	30	40	50	60	70
	5	10	15	20	29	39	49	59	69	100		5	10	15	20	29	39	49	59	69	100		5	10	15	20	29	39	49	59	69	100
	X. $+\triangle_m$ = 20,0—29,9 %											**XI. $+\triangle_m$ = 30,0—39,9 %**											**XII. $+\triangle_m$ = > 40%**									
70	9	16	11	13	13	21	9	7	1	0	10	0	10	10	10	0	50	10	0	0	10	10	10	0	0	20	20	10	20	10	10
30	10	11	12	13	15	26	10	0	1	1	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	20	10	10	0	30	20	10	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	0	0	0	43	14	29	14	0	0	0	3	0	0	0	0	67	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	25	25	25	25	0	0
67	10	9	8	17	18	24	11	2	1	0	13	0	5	5	5	34	25	5	0	0	5	14	5	9	0	0	22	23	18	22	5	5
20	0	5	25	40	15	10	5	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	10	10	0	20	40	0	10	10	0	0	10	0	0	0	20	20	30	0	30	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	0	0	0	40	60	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	10	20	15	10	20	20	5	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	11	5	11	21	11	16	16	5	0	5	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
79	6	8	10	26	29	9	7	3	0	1	10	0	0	0	20	20	30	0	30	0	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tagen).

0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXX1

ANTRAG AUF ÜBERPRÜFUNG DER VOM IV. KONGRESS EMPFOHLENEN PRÜFUNGS-VERFAHREN.

Von k. k. Professor B. Kirsch, Wien.

Antrag.

Es möge eine Kommission eingesetzt werden, welche die auf dem Kongreß in Brüssel 1906 empfohlenen Verfahren zur Prüfung von Metallen und Legierungen, von hydraulischen Bindemitteln und von Holz mit Rücksicht auf die seither gemachten Erfahrungen einer Revision zu unterziehen und eventuelle Änderungen auf dem nächsten Kongreß zu beantragen hätte.

Begründung.

Die Verfahren für Metalle und Legierungen enthalten unter I. und II. die allgemeinen und speziellen Verfahren der mechanischen Prüfungen und soweit hydraulische Bindemittel und Hölzer mit Maschinen mechanisch geprüft werden, gelten die Paragraphen fast insgesamt (die technologischen Proben etwa ausgenommen) auch für diese Materialien. Auch die Maschinen zur Festigkeitsprüfung anderer Materialien als Metalle und Legierungen müssen geprüft werden und entsprechende Genauigkeit haben, auch für sie muß definiert werden, was als Bruchgrenze oder als Proportionsgrenze gelten soll; von alledem ist nichts in dem Verfahren für hydraulische Bindemittel und Holz enthalten; es genügt nicht, stillschweigend die Gültigkeit auch für diese Materialien anzunehmen.

Die §§ 11 bis 37 enthalten alles über stoßfreie Beanspruchung zu Sagende, während die §§ 38 bis 57 alles für stoßweise Bean-

Digitized by Google

spruchung enthalten. Diesen beiden Abschnitten vorausgehend, sagt § 10 unter „Allgemeines“: „Die Versuchsgeschwindigkeit soll bei Konstruktionsmaterialien eine mäßige sein“, was offenbar nicht für beide Beanspruchungsweisen, sondern nur für stoßfreie gelten kann.

Auch § 9 sollte präzisiert werden, da die Worte „diejenige Beanspruchung, auf welche die Materialien verwendet werden sollen“ unklar sind. Abgesehen davon, daß man oft über die Verwendung noch nichts weiß, sondern nur allgemein die Qualität feststellen will, ist diese Vorschrift vielfach gar nicht anwendbar. Nieteisen wird zum Beispiel auf Zug geprüft, um die Festigkeit, Streckgrenze, Einschnürung und Bruchdehnung, d. h. Qualität festzustellen, die Beanspruchung ist aber bei der Verwendung eine Abscherung. Die Beanspruchungen sind meist kombinierte, zum Beispiel bei jedem Träger auf Biegung und Abscherung, bei Achsen auf Biegung und Verdrehung. Auf diese Beanspruchung werden sie verwendet, aber nicht geprüft.

Die Vorschriften über Kugellagerung sind zweifellos verbesserungsfähig. § 13 verlangt freie Beweglichkeit der einen Druckplatte, offenbar deshalb, damit ein Probekörper mit ebenen, aber nicht parallelen Druckflächen doch noch eine gleichmäßige Verteilung der Belastung erhalten könne, indem die freie, in der Kugel bewegliche Druckplatte sich selbst beim Druckbeginn satt auflegt. Hiebei legt sich zuerst nur eine Kante an die bewegliche Druckplatte und sofern diese Kante nicht durch den Mittelpunkt der Kugeldruckfläche geht, kann auch ein Drehmoment zustande kommen; freilich unter beträchtlicher Reibung in der Kugelfläche, wodurch ein exzentrischer Druck zustande kommt. Geht aber diese obengenannte Kante durch den Mittelpunkt der Kugeldruckfläche, so dreht sich die Kugel überhaupt nicht. Was aber noch viel störender wirkt, das ist die Gleitung dieser Kante des Probestückes auf der Druckfläche des Kugellagers während der Drehung desselben. Es bedarf eines bedeutenden Druckes auf die Kante, um diese seitliche Bewegung zu ermöglichen. Je nach dem Reibungswinkel kann diese seitliche Bewegung unmöglich werden und damit ist die Drehung des Kugellagers auch unmöglich.

Die Selbsteinstellung des Kugellagers bei Zugproben ist direkt unmöglich, da, je näher die Lage des Stabes der zentrischen Lage kommt, das Drehmoment immer kleiner wird. Ein endliches wenn auch kleines Reibungsmoment kann an kleinem (zuletzt

Digitized by Google

gleich Null werdendem) Hebelarm nur durch sehr große (zuletzt unendlich große) Kräfte geleistet werden.

Kugellager können nur den Zweck haben, etwas ungenaue Probekörper doch zentrisch in die Maschine legen zu können und gleichförmige Verteilung der Maschinenkraft zu ermöglichen. Die Selbsteinstellung der Probekörper ist unmöglich.

Der § 14 ist nach dem Gesagten unrichtig.

Schließlich bedarf die Definition der Streckgrenze einer Revision, denn man kann nach der gegebenen Definition diese Grenze nur durch Entlastungen bestimmen.

Diese Beispiele sollen zeigen, daß eine sorgfältige Revision begründet ist, und hiebei werden sich noch manche Punkte finden, die einer Klärung und Präzisierung bedürfen.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXX2

ANTRAG AUF EINBEZIEHUNG DER FUNKENPROBE IN DAS STUDIENPROGRAMM DES VERBANDES.

Von **M. Bermann**, Budapest.

Der Kongreß wolle beschließen, daß das Studium der Funkenprobe in die Aufgabenliste des Verbandes aufgenommen werde.

Als Begründung werden die in der Funkenprobe gemachten Fortschritte der letzten Jahre angeführt.

1. Die Frage der photographischen Aufnahme der Funkenbilder ist gelöst.

2. Durch Photographien einer genau analysierten Reihe von Normalstählen ist es bewiesen, daß der Kohlenstoffgehalt der Stähle der Anzahl der primären Verzweigungslinien proportional ist.

3. Der Silicium-Gehalt der Stähle vermindert die Anzahl der primären Verzweigungslinien und zeigt sich hauptsächlich in dem höheren Glanz der Tropfenform und in der sekundären Gliederung, den Sternchen oder Blättchen.

4. Der Mangangehalt ist der Länge der primären Verzweigungslinien proportional.

5. Sowohl der C- wie auch der Si- und Mn-Gehalt der zu untersuchenden Stücke kann durch Vergleich der Funkenbilder mit jener analysierter Normalstäbe genau bestimmt werden.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXX3

ANTRAG BEZÜGLICH PRÜFUNG VON STEINZEUGRÖHREN.

Von **Otto Hoffmann**, Direktor der deutschen Steinzeugwarenfabrik in Friedrichsfeld in Baden.

Antrag.

Die Prüfung der Festigkeitseigenschaften von Steinzeugröhren soll sich außer auf die Feststellung der Bruchlast bei äußerer Scheitelbelastung und bei innerem Flüssigkeitsdruck weiter erstrecken auf die Ermittlung der Elastizität des Rohrmaterials durch Bestimmung des Deformationszustandes bei plötzlicher und langsam gesteigerter Belastung; und zwar soll die Deformation kontinuierlich entsprechend dem Belastungszustand durch Schaulinien aufgenommen werden, in der Art, wie dies von Stadtbauinspektor Fried in Barmen vorgenommen worden ist. Siehe Bericht des Herrn Professors M. Gary über Rohrprüfung IV. Kongreß des Internationalen Verbandes, Brüssel 1906.

Begründung.

Bei der Beurteilung der Güte von Steinzeugröhren spielt die Elastizität des Rohrmaterials eine wesentliche Rolle, d. h. es genügt nicht allein die Ermittlung der Bruchlast bei äußerer Scheitelbelastung oder innerem Flüssigkeitsdruck, sondern es ist auch nötig, die Bestimmung des elastischen Verhaltens der Röhren bei bestimmter Belastungsart. Ein Rohrmaterial, das wohl die gleiche Festigkeit wie ein anderes besitzt, aber eine größere Sprödigkeit, wird sich bei den in der Praxis vorkommenden Belastungen ungünstiger verhalten, d. h. eher zu Bruch gehen. Die Ermittlung des Elastizitätszustandes soll sich in Anlehnung an die Praxis auf Deformationsmessungen bei Schlagversuchen und bei wiederholter langsam gesteigerter Belastung erstrecken, am zweckmäßigsten durch Aufzeichnung von Schaulinien mittels registrierender Apparate.

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXX4

ANTRAG AUF AUFLÖSUNG DER ÖLKOMMISSION.

Von Dr. **M. Albrecht**, Präsident der Kommission 39, Hamburg.

Die Aufgabe der Kommission 39 (eingesetzt auf dem Brüsseler Kongreß 1909) lautet:

Aufstellung von Grundlagen der Lieferungsbedingungen für Öle für technische Zwecke.

„Der Präses der Kommission 39 beantragt die Auflösung dieser Kommission mit der Begründung, daß es bisher nicht möglich gewesen ist, die Mitglieder dieser Internationalen Kommission zu einer Beratung zusammenzuführen, da sie zu weit voneinander wohnen. Es ist inzwischen eine Internationale Kommission für Vereinheitlichung der Untersuchung von Petroleumprodukten unter Teilnahme der Regierungen der beteiligten Staaten gegründet worden, deren Generalsekretär, Herr Prof. Dr. Ubbelohde in Karlsruhe, die nötigen Mittel zur Verfügung erhalten hat, um die Zwecke dieser Internationalen Kommission zu fördern. Gleichzeitig mit dieser Internationalen Kommission haben sich Nationale Kommissionen gebildet, die ihre Vertreter in die Internationale Kommission delegieren. Vom Ausschuß IX des Deutschen Verbandes sind mehrere Mitglieder in die Internationale Kommission eingetreten, die eine Vermittlungskommission zwischen dem Ausschuß IX und der Internationalen Kommission zu dem Zwecke bilden, möglichst einheitliche Beschlüsse zustande zu bringen. Die Internationale Kommission hat als Grundlage ihrer Beratungen die Vorlage des Ausschusses IX, Drucksache Nr. 41, angenommen. Es steht daher zu erwarten,

Digitized by Google

daß durch das Zusammenarbeiten des Ausschusses IX und der Internationalen Kommission befriedigende Ergebnisse zu erzielen sein werden. Unter diesen Umständen kann die Auflösung der Kommission 39 des Internationalen Verbandes um so eher beschlossen werden, als fünf Mitglieder dieser Kommission bereits Mitglieder der Internationalen Kommission sind und die übrigen Mitglieder der Kommission 39 unschwer in die Internationale Kommission aufzunehmen sein werden, falls dieses ihr Wunsch sein sollte."

Digitized by Google

XXX$_5$

ANTRAG AUF BESEITIGUNG DES KOPENHAGENER KONGRESSBESCHLUSSES BEZÜGLICH DER LE CHATELIER-PROBE.*)

Von Prof. Dr. **A. Martens,** Berlin-Lichterfelde.

Namens des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik.

Der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik hat in seiner Hauptversammlung im Oktober 1911 in Düsseldorf folgenden Beschluß einstimmig angenommen:

1. Der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik lehnt die Le Chatelier-Probe als beschleunigte Raumbeständigkeitsprüfung ab.

2. Der Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik beschließt, beim Internationalen Verband für die Materialprüfungen der Technik zu beantragen, den in Kopenhagen gefaßten Beschluß betreffend die Le Chatelier-Probe zu beseitigen.

Es wird daher folgender

Antrag

gestellt:

Der in Kopenhagen gefaßte Beschluß ist aufzuheben und der Antrag zur Auffindung einer beschleunigten Prüfung für die Raumbeständigkeit von Portlandzement an die Kommission zurückzuverweisen.

*) Siehe auch Bericht des Prof. M. Gary XIV$_2$ in Nr. 9 der „Mitteilungen".

Digitized by Google

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXX$_6$

WETTERBESTÄNDIGKEIT DER BAUSTEINE.

Zum Kommissionsbericht XIX$_1$.

Ein Antrag von Prof. Dr. **A. Martens,**
Direktor des Königl. Materialprüfungsamtes Berlin-Lichterfelde.

Der Bericht der Kommission 7 klingt aus in folgendem Antrage für den VI. Kongreß New York 1912:

„Die Hirschwaldsche Methode der Prüfung natürlicher Bausteine auf ihre Wetterbeständigkeit wird den Materialprüfungsanstalten zur Einführung empfohlen und es werden dieselben ersucht, ihre Erfahrungen mit dieser Methode seinerzeit der Kommission 7 bekanntgeben zu wollen. Die genannte Kommission hat diese Eingänge zusammenzustellen und darüber dem nächsten Kongreß zur Beschlußfassung hinsichtlich der aufzustellenden Normen Bericht zu erstatten."

Gegen diesen Antrag wird Einspruch erhoben.

Da das von der Kommission 7 den Prüfungsanstalten zur Einführung empfohlene Hirschwaldsche Verfahren von unbeteiligter Seite und auch von der Kommission bisher nicht praktisch auf seine Brauchbarkeit und auch nicht auf seine versuchstechnische Sicherheit sowie auf seine wissenschaftlichen Grundlagen objektiv nachgeprüft ist, ja sogar der Obmann der Kommission und ein Mitglied nicht jeden Zweifel an den Grundlagen unterdrücken konnten, so erscheint es nicht angängig, daß der VI. Kongreß den Antrag der Kommission 7 annimmt; daher wird folgender Gegenantrag gestellt:

Digitized by Google

Antrag 1.

Die Arbeit wird an die Kommission zurückverwiesen, damit diese sich zum nächsten Kongreß über die Sicherheit der Grundlagen für dieses Verfahren im einzelnen ausläßt und begründet, inwieweit zu erwarten ist, daß das Verfahren bei Wiederholungsprüfungen an der gleichen oder an mehreren Prüfstellen die gleichen Ergebnisse liefert und die gleichen Gesteinsproben in gleiche Reihenfolge einzuordnen vermag.

Bevor diese Aufgabe nicht gelöst ist, darf kein Kongreß mit Aussicht auf Erfolg erwarten, daß er durch allgemeine Abstimmung die Materialprüfungsanstalten zur Einführung des neuen Verfahrens gewinnen wird. Es kann nicht erwartet werden, daß die Anstalten private oder öffentliche Mittel auf eine umfangreiche, wenig Aussicht auf Erfolg bietende Arbeit verwenden, solange sie durch ihre eigenen Aufgaben voll beansprucht sind.

Antrag 2.

Den Schlußsatz des Antrages der Kommission 7 wolle der Kongreß grundsätzlich ablehnen, weil kein Internationaler Kongreß berufen ist, „Normen" für Baumaterialien aufzustellen, die nicht auf den Weltmarkt kommen, sondern in der Hauptsache innerhalb der einzelnen Länder gewonnen und auch verwendet werden.

Digitized by Google

INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

VI. KONGRESS, NEW YORK, 1912

XXX 7

ANTRAG ZUM KONGRESSBERICHTE XIV 3

ÜBER DIE KOCHPROBE UND DIE RAUMBESTÄNDIGKEIT DES PORTLAND-ZEMENTS BEI TROCKENER LAGERUNG VON PROF. SCHÜLE, ZÜRICH.

Von Dr. **Müller**, Vorsitzender des Vereines Deutscher Portland-zementfabrikanten, Kalkberge (Mark).

Auf die Ausführungen des Herrn Professor Schüle-Zürich haben wir folgendes zu erwidern:

Das von Herrn Professor Schüle angeführte Material bezieht sich fast ausnahmslos auf die Prüfung von reinem Zement. Dieses Material beweist zwar, daß reine Zementkuchen aus solchen Zementen angefertigt, welche die Michaëlis'sche Kochprobe ursprünglich nicht bestanden, im Laufe der Jahre vielfach Beschädigungen zeigten, die sogar teilweise zur völligen Zerstörung der Kuchen geführt haben. — Herr Professor Schüle gibt ferner die Resultate eines einzigen Versuches mit plastischem Mörtel in der Mischung 1 : 5. Aus dem ungünstigen Verhältnis der Festigkeit der an trockener Luft erhärteten Körper gegenüber den Körpern, die unter Wasser gelagert haben, glaubt Herr Professor Schüle schließen zu können, daß bei koch-unbeständigen Zementen dieses Verhältnis ein noch wesentlich ungünstigeres hätte sein müssen.

Wir können uns den Schlußfolgerungen des Herrn Professor Schüle nicht anschließen. Unsere bisherigen sorgfältigen und sehr umfangreichen Versuche haben erwiesen, daß das Verhalten eines Zements bei der Kochprobe keine bindenden Schlüsse auf die Verwendungsfähigkeit des Zements in der Praxis zuläßt.

Wir verkennen aber keineswegs die außerordentliche Bedeutung der von Herrn Professor Schüle aufgeworfenen Frage für

Digitized by Google

die moderne Eisenbetonbauweise und stellen infolgedessen den Antrag:

„Der Internationale Verband für die Materialprüfungen der Technik möge eine Kommission einsetzen, die diese Frage auf das eingehendste prüft."

Digitized by Google

Section C.

Ehren-Präsidenten:

H. L. Bienfait, H. F. Cellerier.
H. E. Camerman,

Ehren-Schriftführer:

H. A. Jacobsen, H. C. D. Rinald.
H. Prof. K. Memmler,

Präsident: H. Prof. Mansfield Merriman.

Vize-Präsidenten: H. Prof. W. K. Hatt, H. Prof. A. N. Talbot.

Schriftführer: H. Prof. H. F. Moore, H. G. W. Thompson, H. Abrahams.

Dienstag, den 3. September 1912, nachmittags.

Präsident Mansfield Merriman eröffnet die Sitzung um 2 Uhr 10 Minuten nachmittags.

Den ersten Punkt der Tagesordnung bildet der Bericht von A. S. Cushman „Anstriche für Metallteile" ($XXIV_1$).

(Die Wirksamkeit eines Anstriches für Metallteile hängt ab: von der Güte des verwendeten Farbträgers; von der Einwirkung des Farbstoffes auf das Bindemittel, mit dem es angerührt wird und von der Einwirkung des Farbstoffes selbst auf das darunter lie ende Metall. Dieser letzte Punkt bildet den Kernpunkt des Berichtes. Die elektrolytische Auffassung des Rostvorganges hat sich verbreitet. Unter „hemmender" Wirkung eines Anstriches versteht man die Gegenwirkung gegen den Zerfall eines Metalles infolge der elektrolytischen Vorgänge. Unter dem Gesichtspunkte dieser Theorie wurde die hemmende Wirkung verschiedener Farbstoffe im Wasser geprüft. Der Bericht zeigt in Tabellen das Ergebnis der Farbprüfung unter Wasser, die mit Stahlplatten in Atlantic City von der Paint Manufacturers Assoc. der U. S. A. angestellt wurde, sowie der Prüfungen von 50 Anstrichfarben auf der Pennsylvaniabrücke in Havre de Grace. Die Versuche nach einem Ersatz für Leinsamenöl werden besprochen und zum Schluß nochmals die Wichtigkeit der „hemmenden Fähigkeit" des Farbstoffes, unter Hinweis auf den erfolgreichen Rostschutzanstrich des Navy Dep. des U. S. A. für Schiffsrümpfe betont.)

Digitized by Google

H. Dr. A. S. Cushman: Wie ich in meinem Bericht hervorgehoben habe, ist, soweit ich es beurteilen kann, in den jüngsten Arbeiten über Prüfung von Anstrichen für Metallkonstruktionen seit dem letzten Kongreß der Standpunkt festgehalten worden, die Wirkung des Farbstoffes auf das darunter befindliche Metall zu untersuchen. Die Forschungsarbeiten sind daher hauptsächlich in der Absicht durchgeführt worden, die schützende und wasserdichte Natur der Anstrichschichte zu verbessern, ohne Bezugnahme auf chemische oder elektrochemische Wirkung, die durch die enge Berührung des in der Ölschichte über der Metalloberfläche verteilten Farbstoffes hervorgerufen wird. Die Prüfung nach diesem neuen Gesichtspunkte wurde mit Versuchen über Wasserdichtheit begonnen, die von H. G. W. Thompson bei Besprechung meiner der Jahresversammlung des amerikanischen Verbandes vorgelegten Berichtes über die wasserschützende Wirkung des Farbstoffes, angeregt worden waren.

Nachdem diese Arbeit durchgeführt war, erschien das Ergebnis so überraschend, daß die Paint Manufacturers Association der Vereinigten Staaten in Atlantic City Versuche mit einer Reihe von Stahlplatten mit einem Anstrich verschiedenen Mischungsverhältnisses von Farbstoff mit Öl, aber mit stets gleichem Pigmentträger durchzuführen beschloß. Der nächste Zweck dieser Versuche war der, zu sehen, ob die elektrochemische Erklärung des Metallschutzes wirklich begründet sei oder nicht. Es sind durch maßgebende Fachleute, die verschiedene Interessen vertraten, eine Reihe von Untersuchungen dieser Versuchsplatten in Atlantic City vorgenommen worden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind kurz zusammengefaßt und in Tabellen gebracht worden und liegen Ihnen vor. Ich habe nicht die Absicht, heute nachmittag Ihre Zeit durch einen Versuch irgendwelche Schlußfolgerungen zu ziehen, in Anspruch zu nehmen. Die Sache liegt vor Ihnen.

Präsident Merriman dankt dem Berichterstatter im Namen der Sektion und eröffnet die Diskussion. Da niemand das Wort wünscht, geht er zur Verhandlung des nächsten Berichtes über, betitelt: „Die Volumenauffassung bei der Prüfung von Anstrichmaterialien" ($XXIV_3$) von G. W. Thompson.

(Der Bericht legt den Standpunkt klar, daß die verschiedenen Eigenschaften eines Farbüberzuges zum großen Teile Funktionen des Volumsverhältnisses seiner Bestandteile sind. Die Fragen des Gewichtes spielen eine verhältnismäßig geringe Rolle. Es muß daher, wie an Beispielen gezeigt wird, bei der Beschreibung

Digitized by Google

der Analyse und Untersuchung von Anstrichfarben neben den üblichen Formeln und der Analyse nach dem Gewicht auch die Zusammensetzung nach Volumen berücksichtigt werden.)

H. Gustav W. Thompson: Mein Artikel war mit der Absicht geschrieben, denjenigen, die sich mit der Lehre vom Anstrich und dessen Analyse befassen, lebhafter die Idee vor Augen zu bringen, daß ein Anstrich aus den Volumteilen einzelner Bestandteile besteht, oder vielmehr, daß wir den Anstrich mehr von diesem Standpunkt aus betrachten sollten als nach seinem Gewichte.

Die meisten Analysen und die meisten Formeln, die sich auf den Anstrich beziehen, wurden auf Grundlage des Gewichtes berechnet, was in der Vergangenheit viel Unklarheit hervorgerufen hat. Einige Beispiele davon werden am besten aus dem im Berichte erwähnten Falle entnommen, wo der Anstrich aus 75 Volumteilen Öl und 25 Volumteilen Farbstoff, die Farbe aber wieder aus zirka 18% chinesischem Ton und 82% rotem Blei zusammengesetzt ist. Wenn Sie nun diesen Anstrich auf Basis des Volumens betrachten, so erhalten Sie eine Mischung von 14·35% Volumen roten Bleies und 10·65% chinesischen Tones und 75% Öles.

Der Bericht liegt gedruckt vor und ich glaube nicht, daß ich noch vieles hinzufügen könnte. Er zeigt, daß keine Zusammenziehung oder Ausdehnung des Volumens vor sich geht, wenn man Öle mit leichtflüchtigen Verdünnungsmitteln oder Öle mit Ölen vermischt; ein Volumen von jedem Bestandteil wird zwei Volumina des Endproduktes geben; und soweit die bisherigen Untersuchungen zeigen, läßt sich das gleiche über Mischungen von Farbe und Öl sagen; es ist genau so richtig, von einer Gallone trockenen Bleiweißes, die 5 lbs. wiegt, oder von irgendeiner anderen Farbe, die so viele Pfund pro Gallone wiegt, zu sprechen, als wir von einer Gallone von Leinsamenöl sprechen können. Wir erhalten daher einen besseren Begriff vom Anstrich, wenn wir ihn von dem Standpunkte der Volumenzusammensetzung betrachten, insbesondere dann, wenn wir daran gehen, die verschiedenen Anstricheigenschaften näher zu untersuchen. Denn diese Eigenschaften sind vom Volumen und nicht vom Gewichte abhängig. Die Deckkraft des Anstriches steht im Verhältnis zum Volumen der darin enthaltenen Farbe und nicht zum Gewichte derselben, und eine Beurteilung nach dem Gewichte würde zu ganz irrigen Schlüssen führen, da die Pigmente hinsichtlich des spezifischen Gewichtes sehr variieren. So ist auch die Dicke der Anstrichschicht eine Funktion des Volumens und auch die Deck-

Digitized by Google

fähigkeit ist eine solche. Und so lange Sie nicht diesen Gedanken, der nur von wenigen Schriftstellern besonders betont wurde — so von Dr. Dudley in seinen Artikeln in dem Railroad Magazine vor vielen Jahren und von einigen deutschen Schriftstellern — festhalten, werden Sie sehr leicht zu irrigen Schlüssen kommen. Wir können von einer Verfälschung von verhältnismäßig wenigen Prozenten sehr leichter Pigmente sprechen; wenn wir uns aber vorstellen, daß ein sehr leichtes Pigment schon ein ziemlich großes Volumen einnimmt, dann ist die Verfälschung eine bedeutend größere. Aber ganz abgesehen von diesem Standpunkt der Verfälschung müssen wir den Begriff des Anstriches vom Gesichtspunkte des Volumens festhalten, wenn wir wirklich einen richtigen Begriff von einem Anstrich haben wollen.

Präsident Merriman ladet zur Diskussion ein.

H. Dr. A. S. Cushman: Ich möchte nur H. Thompson mit Bezug auf seine Forderung nach Volumenzusammensetzung der Farbstoffe fragen, wie er die Feinheit eines einzelnen Farbstoffes in Rechnung zu ziehen gedenkt, da doch bei Messung eines Farbpulvers durch das Volumen die feine Mahlung desselben eine große Rolle spielt. Es gibt Farbstoffe, die in feiner Mahlung für die Gewichtseinheit ein größeres Volumen einnehmen, als dies der gesamten Oberfläche der Farbteilchen entspricht, da das Volumen der Lufträume mit Feinheit der Mahlung wächst.

H. G. W. Thompson: Die Feinheit der Mahlung hat keinen Einfluß auf das Volumen, es sei denn, daß das Volumen des trockenen Farbstoffes gemessen wird, der noch zwischen seinen Teilchen Luft enthält. Wie ich in meinem Bericht ausgeführt habe, wollen wir das spezifische Volumen des Farbstoffes kennen lernen. Vielleicht ist die Anwendung des spezifischen Volumens nicht bequem, um so mehr, als wir mehr an die Verwendung des spezifischen Gewichtes gewöhnt sind. Wenn wir die Feinheit der Mahlung ändern, ändern wir nicht das spezifische Gewicht. Wir ändern die Masse, aber ihr spezifisches Gewicht und ihr spezifisches Volumen, das dem reziproken Wert des spezifischen Gewichtes gleich ist, bleiben unverändert. Der einzige Weg zur Bestimmung des spezifischen Volumens ist praktisch der, den wir bei Bestimmung des spezifischen Gewichtes einschlagen, wo wir die Luft eliminieren und das Volumen des Farbstoffes messen, um dann erst nach Feststellung des Gewichtes das spezifische Gewicht oder das spezifische Volumen — je nach Wahl — berechnen. Worauf mein Bericht sich bezieht, ist das absolute Volumen nach Abzug der Hohlräume.

Digitized by Google

H. L. Bienfait verliest folgende Diskussionszuschrift von H. Lender:

H. R. Lender (schriftlicher Beitrag): H. A. S. Cushman sagt in seinem Berichte ($XXIV_1$) folgendes: „Wenn es möglich wäre, ein Bindemittel zu finden, das unter dem Einfluß der atmosphärischen Luft zu einem festen Überzug erstarrte, in den oder durch den Wasser nicht dringen könnte, wäre es für unseren Gegenstand von wenig Belang, wie sich der Farbstoff, der mit diesem Bindemittel vermengt würde, verhielte."

Die auf der Hygroskopizität des Lynoxyns beruhende Wasserdurchlässigkeit des Leinölfirnisses wird immer mehr als ein sehr großer Nachteil dieses Bindemittels aufgefaßt, besonders durch Anerkennung der Rostbildungstheorie auf elektrochemischer Grundlage.

So bekam ich die Anregung, nach einem Bindemittel zu suchen, das diesen Fundamentalfehler nicht hat. In der Vereinigung des Cumaron- und Indenharzes — es sind dies Polymerisationsprodukte der im Steinkohlentheer vorkommenden Benzolkohlenwasserstoffe Cumaron und Inden — mit nach einem besonderen Verfahren präpariertem chinesischem Holzöl ist ein Ausgangsmaterial zur Herstellung von Bindemitteln für alle in Frage kommenden Materialien und Anstrichobjekte gefunden worden, die Wasser nicht durchlassen.

Durch Verschiedenheit in der quantitativen Zusammensetzung der soeben genannten Produkte sowie durch geeignete Zusätze lassen sich alle Arten von Bindemitteln und Lacken herstellen für Eisen, Holz, Mauerwerk, Zement, zum Dichten von Segeltuch, Ballonhüllen, welch letztere dadurch nicht nur undurchlässig gegen Wasser und Gase, sondern auch fester werden.

Es muß betont werden, daß die Polymerisationsprodukte des Cumarons und Indens gegen chemische Einwirkungen vollständig indifferent sind, also nicht die Nachteile der in der Natur vorkommenden zur Herstellung der sogenannten Firnisersatzmittel verwendeten eigentlichen Harze besitzen.

Auch mit den in letzter Zeit in die Lackindustrie eingeführten künstlichen Harzen, in der Hauptsache Kondensationsprodukte von Phenolen mit Formaldehyd, können die Polymerisationsprodukte des Cumarons und Indens nicht verglichen werden, da die Anstriche mit den eben angeführten Kondensationsprodukten gegen mechanische Einflüsse sich wenig widerstandsfähig zeigen.

Digitized by Google

Über das chinesische Holzöl, das in China und Japan schon viele Jahrhunderte mit bestem Erfolg als Firnis verwendet wird, ist wohl unnötig noch Rühmendes zu sagen.

Außerdem wird aber durch besondere Behandlung des Holzöles und hauptsächlich durch die Vereinigung mit Cumaron- und Indenharz ein ganz neuer technischer Effekt erreicht, wie er durch Holzöl allein nicht möglich ist.

H. E. S. Land: Ich hätte eine Frage an Herrn Thompson mit Bezug auf den Handel mit Leinöl, nämlich, ob die Angabe notwendig sei, daß Leinöl pro Gallone trocken $7^1/_2$ lbs wiegt, bzw. etwas mehr im gekochten Zustande. Was ist die Grundlage hiefür? Ist es ein rein kommerzieller Grund oder liegt eine besondere Notwendigkeit vor?

H. G. W. Thompson: Die Gewohnheit, das Leinöl zu $7^1/_2$ lbs pro Gallone zu verkaufen, datiert von lange her und beruht auf rein kommerziellen Gründen. Das wirkliche Gewicht einer Gallone Leinöl ist ungefähr 7·78 lbs, und das gekochte Leinöl wiegt über 7·8 lbs, aber da das Leinöl schon seit so langer Zeit auf Basis des Gewichtes verkauft worden ist, hat sich die Gewohnheit so eingebürgert, daß — ausgenommen in einigen wenigen Fällen — sie nicht umgestoßen werden konnte. In einigen Fällen wurde der Plan aufgestellt, das spezifische Gewicht des Leinöles zu bestimmen und dieses mit dem Gewicht einer Gallone Wasser (8·33 lbs) zu multiplizieren, um so das Gewicht einer Gallone Öl zu erhalten. Das Gewicht von $7^1/_2$ lbs ist eine rein kaufmännische Methode für die Berechnung des Leinöles.

H. Prof. N. Belelubsky: Im Jahre 1911 wurde ich von unserem Verkehrsministerium in die Krim gesandt zur Besichtigung der Brücke der Eisenbahn von Sebastopol nach Livache, wo die Linie das außerordentlich salzhältige Meer übersetzt. Man benützt seitens der Eisenbahn die starke Konzentration des Meerwassers, um die Holzschwellen mit Salzen zu tränken. Die Brücke besteht aus 10 Feldern zu 30 m mit einer Überbaukonstruktion in Schweißeisen, die auf gemauerten Pfeilern gelagert ist. Die Brücke steht zirka 17 Jahre. Die Höhe der Brücke über dem Meeresspiegel beträgt nicht mehr als 2 m. Die Fahrbahn befindet sich unten und ist mittels hölzerner Querschwellen auf den metallenen Längsträgern und Brückenteilen gelagert, die ihrerseits an den vertikalen Streben der Hauptträger angenietet sind.

Der Brückenträger ist N-förmig, mit horizontalen Gurten.

Digitized by Google

Infolge der häufigen Winde und der besonderen Nähe der metallischen Konstruktion an der Wasseroberfläche sowie schließlich infolge der feuchtigkeitsgesättigten Luft unterlagen alle metallischen Träger starken Verrostungen. Wir beobachten sogar Verminderungen in den Querabmessungen der vertikalen Streben von 25—50%. Den größten Rostangriff bemerken wir an den Diagonalstreben, die aus zwei mit je einem Schenkelpaar in Entfernungen von 25—30 cm aneinandergenieteten Winkeleisen gebildet waren. Die Oxyde zwingen die beiden Winkeleisen, aus denen die Diagonalstreben besteht, auseinanderzugehen, indem sie Spalten von 25—30 mm Dicke bilden, die mit Oxyden erfüllt sind. Oft beobachtet man Brüche der Nietköpfe. Die Figur zeigt deutlich die Wirkungen des Meerwassers auf die beiden Winkeleisen des Diagonalstreben, die der Brücke entnommen und an das mechanische Laboratorium des kaiserlichen Institutes der Wegebauingenieure abgeliefert

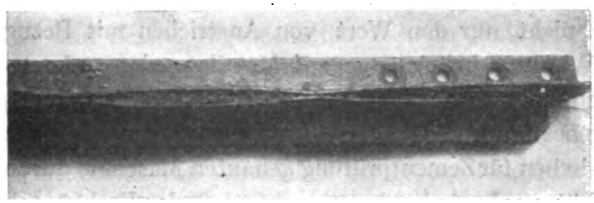


Fig. 1.

wurden. Andererseits zeigen die vertikalen Streben, die aus zwei Winkeleisen bestanden, die 8—10 cm voneinander entfernt waren, keine ähnlichen Deformationen.

Nach Angabe der Chemiker rühren die Verrostungen im allgemeinen von dem Überfluß an Salzen her; im besonderen von den alkalischen Sulphaten und Chloriden von Magnesia und von den Schwefelwasserstoffen, die sich in der Luft und im Wasser nahe der Oberfläche des Meerwassers befinden.

Man beabsichtigt, die Brücke durch eine neue Konstruktion — vielleicht Eisenbeton oder Stein — zu ersetzen. Es bleibt aber auch in diesem Falle die Frage klarzustellen, durch welche Maßnahmen die Oberfläche des Eisenbetons vor den Wirkungen der Luft und des salzgesättigten Meerwassers geschützt werden soll.

Präsident Merriman: Als nächster Bericht folgt: „Bemerkungen zur Prüfung von Rostschutzfarben" von P. Labordère und F. Anstett. (XXIV$_2$.)

Digitized by Google

(Im Anschlusse an einige sinnreiche Ideen, die im Berichte XVII$_3$ des Kopenhagener Kongresses niedergelegt sind, haben die Autoren neue Farbprüfungen mit Hilfe von Farbblättchen, die von ihrer Unterlage isoliert wurden, angestellt. Blättchen wurden in der Weise hergestellt, daß die Farbe auf einem mit Zuckerlösung überzogenen Papier aufgetragen wurde. Das Blättchen hatte eine Oberfläche 0·60 × 0·60 und war 0·1 mm dick. Nach Ablauf von sechs Tagen wurde das mit Farbe bestrichene Papier genau in 0·05 m breite und 0·15 m lange Streifen in der Richtung des zuletzt aufgetragenen Anstriches geteilt. Jeder Streifen wurde zehn Minuten in Wasser von 15° C getaucht und so das Farbhäutchen losgelöst. Die Versuche bezogen sich auf Elastizität, Undurchlässigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen physikalische und chemische Einflüsse. Die Festigkeitsprüfung erfolgte nach 14, 21 und 28 Tagen bei normaler Luftaufbewahrung, nach Einwirkung von Feuchtigkeit, von warmer Luft bei 50° und von Schwefeldioxyd. Die Ergebnisse der Prüfung von drei Anstrichen wurden mitgeteilt und die Durchführung weiterer Proben in Aussicht gestellt.)

H. P. Labordère legt den Bericht vor und bemerkt dabei folgendes: Die von mir und Herrn Anstett ausgeführten Versuche hatten den Zweck, nicht nur den Wert von Anstrichen mit Bezug auf ihre chemische Wirkung bei Auflage auf Metallen oder anderen Körpern, sondern auch mit Bezug auf mechanische Einflüsse, wie Dehnung, Schlag, Biegung zu bestimmen. Die Zerreißprobe war leicht mit einer nach Art der Michaelischen für Zementprüfung gebauten Maschine durchzuführen. Die Elastizität wurde dadurch gemessen, daß das Farbhäutchen gefalzt und das Gewicht bestimmt wurde, unter dessen Druck es in der Falzlinie bricht. Zur Messung der Durchlässigkeit wurde auf das Häutchen ein mit Wasser gefüllter Zylinder aufgesetzt und die Wassermenge, die durchdrang, bestimmt. Die Versuche, die erst vor einigen Monaten begonnen wurden, lassen noch kein abschließendes Urteil zu, bieten aber doch schon gewisse Resultate. Vor allem sieht man, daß Anstriche, die trockener Luft ausgesetzt sind, ihre Festigkeit vergrößern, dagegen ihre Elastizität und Durchlässigkeit vermindern. Wir haben gefunden, daß bei Erwärmung des Anstriches seine Zerreißfestigkeit steigt, daß dagegen Feuchtigkeit diese stark herabsetzt. Wir haben eine Klassifizierung der untersuchten Anstriche erhalten und gefunden, daß sich im allgemeinen jene Anstriche am besten verhalten haben, in denen, wie bei Ripolin, Harz vorhanden ist. Es scheint daher vom Standpunkte der Festigkeit besser, Lackfarben zu verwenden, aber es ist noch nicht möglich, eine vollständige Einteilung der verschiedenen Anstriche vorzunehmen, bevor die Versuche nicht auch in zahlreichen anderen Laboratorien durchgeführt worden sind.

Präsident Merriman eröffnet die Diskussion.

Digitized by Google

H. G. W. Thompson fragt, ob die Autoren die Möglichkeit der Lösung von Zucker im Öl berücksichtigt haben. Er habe vor langer Zeit die Erfahrung gemacht, daß Zucker in fetten Ölen löslich sei. Obschon er den Wert dieses Prüfverfahrens nicht in Frage stelle, sei er stets etwas ängstlich damit gewesen wegen der Löslichkeit von Zucker in Öl.

H. P. Labordère: Wir haben, wie im Berichte auseinandergesetzt ist, auch andere Unterlagen für den Anstrich verwendet als mit Zucker bestrichenes Papier, vor allem ein Zinnblättchen, das wir dann im Quecksilber lösten; wir erhielten dieselben Resultate mit dem Anstrich auf dem im Quecksilber gelösten Zinnblättchen wie auf dem im Wasser gelösten Zucker.

H. G. W. Thompson: Dieser Punkt freut mich. Wenn tatsächlich das Farbhäutchen dieselben Eigenschaften behielt, gleichgültig ob auf Zinn oder Zucker erzeugt, dann ist es wahrscheinlich, daß der Zucker es nicht löst und dessen Eigenschaften — zum mindesten soweit sie für die Erprobung in Betracht kommen — nicht beeinträchtigt.

H. E. Camerman: Die Erfahrungen der Herren Labordère und Anstett verdienen als ein Mittel zur Messung des Widerstandes und der Permeabilität von Anstrichen die größte Beachtung. Die Versuche bilden eine Ermutigung für alle jene, welche nach denselben Methoden zu arbeiten beabsichtigen. Ich möchte nur Herrn Labordère fragen, ob seine Worte dem beabsichtigten Sinne entsprachen, als er sagte, daß in Farben nach Art des Ripolin, sobald sie Harz enthalten, die Permeabilität und Festigkeit wächst. Möchte er uns nicht sagen, was er unter dem Worte Harz versteht?

H. P. Labordère: Ich wollte mit dem Worte Harz den wesentlichsten Bestandteil des Ripolin bezeichnen; es scheint mir nach den bisherigen Erfahrungen, daß Farben, die in gleicher Weise zusammengesetzt sind, sehr gute Ergebnisse bieten.

H. E. Camerman: Ich glaube, daß die dem Ripolin zugeschriebenen Eigenschaften eine Folge des darin enthaltenen gummiartigen Kopals sind, der der wesentliche Bestandteil des Firnis ist und den man manchmal mit dem Namen Harz belegt.

H. P. Labordère: Wir haben uns mit der chemischen Zusammensetzung des Ripolins nicht befaßt und nur das handelsübliche Produkt dazu verwendet, um es mit anderen Farben zu vergleichen. Ich könnte daher die genaue Zusammensetzung jener Verbindung, die im Ripolin wirksam ist, nicht angeben. Ich glaube überhaupt, daß es sehr schwer

Digitized by Google

ist, die Zusammensetzung der verwendeten Farbprodukte durch Analyse anzugeben.

H. F. Cellerier: Ich halte die hier aufgeworfene Frage ebenso wie die Bemerkung des Herrn Camerman von hohem Interesse, und ich glaube, daß es von Vorteil wäre, die Untersuchungen, die durch verschiedene Forscher durchgeführt werden könnten, zu zentralisieren, damit wir beim nächsten Kongreß sichere und genaue Angaben darüber besitzen. Ich beantrage daher, daß die Arbeiten einer besonderen, mit der Frage der Farbstoffe betrauten Kommission zu übergeben wären.

H. C. D. Rinald: H. Camerman ist auf der richtigen Spur. Ripolin ist ein eigenartiger Emailanstrich, dessen genaue Zusammensetzung ein Chemiker nicht in einer für die Praxis benützbaren Weise geben könnte. Aber es enthält ohne Zweifel einen großen Prozentsatz Harz, wahrscheinlich Dammarharz, und auch eine große Menge von zubereitetem Leinöl. Dem letzteren verdankt es die Wirkungen bezüglich der Elastizität, dem ersteren jene bezüglich der anderen von H. Labordère gefundenen Eigenschaften. Zur Bemerkung des H. Labordère, daß es schwer wäre, die Zusammensetzung verschiedener Anstriche durch Analyse zu bestimmen möchte ich beifügen, daß dies auch fast wertlos wäre, weil lackartige Gemenge, wie es die Farbstoffträger in Emailanstrichen sind, ihre Eigenschaften nicht so sehr der bestimmten Zusammensetzung der Bestandteile als ihrer richtigen und innigen Mischung verdanken. Dies gilt besonders für Anstriche, die geschmolzen oder gekocht werden müssen, wobei die physikalischen und oft auch die chemischen Eigenschaften jedes Bestandteiles geändert werden. Die auftretenden Vorgänge sind sehr oft die gleichen, wie in ihrer Küche, wo Zusätze, die die genau gleiche chemische Zusammensetzung zeigen, entweder ein schmackhaftes Gericht oder ein ungenießbares liefern können; der Koch ist der entscheidende Faktor.

H. P. Labordère: Ein wichtiger zu berücksichtigender Punkt wäre der einer einheitlichen Prüfungsmethode. Ich will nicht etwa unsere Methode in Vorschlag bringen, aber ich glaube, daß man irgendeine annehmen sollte, um die Ergebnisse der verschiedenen Versuchsanstalten vergleichbar zu gestalten.

H. F. Cellerier: Ich glaube, es wäre besser, jedes Laboratorium einige Zeit noch nach der eigenen Methode arbeiten zu lassen, bis die Frage mehr bekanntgeworden ist. Wenn auch heute eine Methode,

Digitized by Google

wie z. B. die von Labordère, gut erscheint, so kann es ja noch eine andere geben, die besser ist und die wir noch nicht kennen.

Präsident Merriman: Wir haben hier noch einen Bericht über Fragen der Anstriche, den jetzt vorzunehmen mir richtig erscheint, da die übrigen Berichte sich auf bituminöse Anstriche beziehen. Dieser Bericht stammt von Dr. Shohe Tanaka, Delegierter der kaiserlich japanischen Bahnen und handelt „Über den Gebrauch von japanischem Lack zum Anstrich von Personenwagen".*)

Präsident Merriman gibt einen kurzen Auszug des Berichtes.**)

Präsident Merriman: Wünscht jemand zu diesem oder den übrigen Berichten betreffend Anstrich das Wort? Oder wünschen die Autoren das Schlußwort zu ihren Berichten?

H. Dr. A. S. Cushman: Ich kann eigentlich nichts mehr beifügen, da ich leider keine Gelegenheit hatte, den von einem der Herren vorgelegten schriftlichen Diskussionsbeitrag zu prüfen. Ich möchte nur sagen, daß mein Bericht nicht ein Bericht im eigentlichen Sinne des Wortes gewesen ist. Ich war eingeladen worden, einen offiziellen Bericht dem Kongresse über die Fortschritte vorzulegen, welche in der Zeit seit dem letzten Kongresse in der Prüfung von Schutzanstrichen gemacht worden sind und ich war bestrebt, dieser Aufgabe so gut als möglich gerecht zu werden.

H. C. D. Rinald: Wie ich sehe, ist der Diskussionsbeitrag des Herrn Lender dem Herrn Berichterstatter nicht genügend bekannt geworden. Da ich nur einen flüchtigen Blick in den Bericht getan hatte, bitte ich um einige Minuten Zeit, um den Beitrag durchsehen zu können.

Präsident Merriman: Ich bitte Herrn Rinald, den Auszug zu machen. Haben Sie sonst noch etwas beizufügen, Herr Thompson oder Herr Labordère, oder ein anderer Herr?

Nachdem H. Rinald einen Auszug aus dem Lender'schen Schreiben in englischer und französischer Sprache gegeben, bemerkt Herr Dr. A. S. Cushman: Wie mir scheint, Herr Präsident, enthält der Bericht nichts, was mit dem Wesen der Diskussion über einen dreijährigen Übersichtsbericht in Einklang zu bringen wäre, und da er sich nur auf einige besondere Mischungen zu beziehen scheint, an

*) Ein vollkommener Abdruck des Berichtes wird gesondert in den „Mitteilungen" erscheinen.

**) Nähere Behandlung des Berichtes, der wegen Abwesenheit des Autors verschoben wurde, siehe Seite 29.

Digitized by Google

welchen der Autor interessiert ist, werfe ich die Frage auf, ob er zur Aufnahme in das Protokoll des Internationalen Kongresses geeignet ist. Ich wünsche jedoch festzustellen, daß ich die Frage der Eignung nur aufwerfe. Ich sage keineswegs, daß ich es für ungehörig halte, da ich nicht genügend Zeit gehabt habe, über diese Frage nachzudenken.

Präsident Merriman: Darüber sollen hernach die Schriftführer entscheiden.*)

Präsident Merriman: Wir wollen indes zum nächsten Gegenstande der Tagesordnung „Bitumen" übergehen. Darüber liegt der Bericht von Prévost Hubbard vor: „Über den Gehalt an Bindestoff für bituminöse Schotterdecken". (XXV_2.)

(Da die spezifischen Gewichte der Bestandteile von bituminösen Schotter-Straßenbelägen, nämlich von Bitumen und Steinen weit auseinander gehen, haben die Angaben über die prozentuellen Gewichtsanteile der Bestandteile geringen Wert. Ein Beispiel zeigt unter Zugrundelegung der Grenzwerte der spezifischen Gewichte der für Straßen verwendeten Gesteinsarten, daß die Bereitung einer sechsprozentigen Mischung das eine Mal 58 Liter, das andere Mal 147 Liter Teer als Bindemittel erfordert. Der Autor empfiehlt, daß die Angaben über bituminöses Straßendeckenmaterial durch das spezifische Gewicht sowohl der Zuschlagstoffe als des Bitumens ergänzt und das Verhältnis der Gewichtsprozente zu den spezifischen Gewichten (d. i. das wirkliche Mischungsverhältnis nach Raumteilen) als Vergleichsbasis herangezogen werde.)

H. Dr. A. S. Cushman: Herr Hubbard, der diesen Bericht als einen Beitrag des unter meiner Leitung stehenden Laboratoriums vorgelegt hat, kann leider der Sitzung nicht beiwohnen. Wenn Sie gestatten, werde ich einen kurzen Auszug geben. Der Bericht behandelt bezüglich der Bestandteile einer Straßendecke, d. s. gebrochener Stein, Sand und bituminöse Filzstoffe, das gleiche, was Herr Thompson bezüglich der Farbmischungen erörtert hat. Er läuft darauf hinaus, daß die Aufstellung der Liefervorschriften nach Gewicht zu ungewöhnlichen Ergebnissen Anlaß gibt.

Präsident Merriman: Der nächste Bericht behandelt: „Einfluß des Durchmessers des Bitumenbehälters auf das Ergebnis des Eindringversuches" (XXV_3) von C. S. Reeve.

(Der Bericht weist darauf hin, daß die in Gebrauch gekommene Eindringprobe für bituminöse Bindemittel mit verschiedenem Durchmesser des Empfangsgefäßes zur Ausführung gelangt. Versuche zeigen, daß die Eindringtiefe mit der Verminderung dieses Durchmessers abnimmt. Insbesondere Materialien, die Dow als solche mit hoher Oberflächenspannung bezeichnet, sind hinsichtlich Beein-

*) Der Beitrag Lender wurde mit einigen Kürzungen abgedruckt.

Digitized by Google

flussung des Ergebnisses des Eindringversuches infolge der Durchmesseränderung am empfindlichsten. Verfasser empfiehlt daher für Eindringversuche mit den Rückständen nach dem Verflüchtigungsversuch ein Gefäß von 25 mm, für solche mit Kohlenteerpechen und Asphalten ein Gefäß von 50 mm Durchmesser einheitlich anzuwenden.)

H. Dr. A. S. Cushman: Wie ich höre, ist Herr Reeve außerstande, der heutigen Sitzung beizuwohnen und seinen Bericht, der ein Beitrag vom „Office of Public Roads" ist, selbst vorzulegen. Er erörtert die Bedingungen einer besonderen Probe, einer Eindringungsprobe, die gewöhnlich in der Versuchsanstalt angewendet wird. Es sind hier Herren, die Erfahrung mit dieser Probe haben, und die vielleicht einige Worte zur Diskussion beitragen können. Ich glaube, Herr Fulweiler hat besonders viel in dieser Richtung gearbeitet.

H. W. H. Fulweiler: Ich danke bestens, Herr Cushman, aber ich bin sicher, daß Herr Forrest bei weitem geeigneter ist, über diese Sache zu sprechen.

H. C. M. Forrest: Dem Berichte des Herrn Reeve ist nicht viel beizufügen. Es ist kein Zweifel, daß der Durchmesser des Gefäßes, in welchem das Bitumen zum Zwecke der Probe sich befindet, einen großen Einfluß auf die Probeergebnisse ausübt und je weicher das zu prüfende Material ist, desto größer dieser Einfluß. Die Tiefe des Materiales hat auch einen merklichen Einfluß. Herr Reeve hat sich zwar mit diesem Punkt nicht besonders eingehend befaßt, aber es ist die Schlußfolgerung genügend, daß jeder, der eine solche Probe durchführen will, sich die Sicherheit verschaffen muß, eine genügende Tiefe des Probematerials zu besitzen.

H. W. H. Fulweiler: Die Frage über die richtige Größe des Empfangsgefäßes für die Eindringprobe hängt innig zusammen mit der Frage der Untersuchung hinsichtlich der Veränderung in der Konsistenz eines bituminösen Materiales, die derart vorgenommen wird, daß das Material in einem Gefäß von bestimmter Größe, ungefähr $2^1/_2$ Zoll im Durchmesser, in einem Ofen von bestimmter Temperatur während einer bestimmten Zeit erhitzt wird. Diese Untersuchung wird als Verdampfungs- (Verflüchtigungs)probe oft angewendet und die Materialmenge, die hierbei angewendet wird, beträgt gewöhnlich 20 Gramm, so daß wir auch bei der Durchdringungsprobe nur mit Material von 18—20 cm^3 arbeiten können, so daß in den Fällen, wo das rückbleibende Bitumen sehr weich ist, selbstredend unmöglich ist, die Durchdringungszahl des Rückstandes im Normalgefäß zu bestimmen.

Digitized by Google

Es ist daher nötig, das Bitumen zu entleeren und einen schmalen und tiefen Behälter anzuwenden.

Es ist unangenehm, daß der Durchmesser des Gefäßes auf die Genauigkeit des Resultates wirkt, aber es scheint keine Möglichkeit, dies zu vermeiden, wenn nicht das zur Verflüchtigungsprobe verbrauchte Material auf 50 und mehr Gramm erhöht wird.

Wir haben jedoch gefunden, daß man bei Teerprodukten, wo die Durchdringung nicht 20 oder 25 Zehntelmillimeter übersteigt, einen Behälter mit einem halben Zoll Durchmesser benützen kann, ohne die Genauigkeit des Resultates irgendwie in Frage zu stellen.

H. C. M. Forrest: Ich glaube, das Mittel zur Überwindung der Schwierigkeiten, über die Herr Fullweiler gesprochen hat, ist eine größere Materialmenge für die Verdampfungsprobe vorzuschreiben. Ich persönlich habe immer 50 Gramm an Stelle von 20 Gramm vorgeschrieben. 50 Gramm ist eine Menge, die für Durchführung einer jeden derartigen Probe geeignet ist. Und eine Probe, welche bei dieser Materialmenge nicht durchdrungen werden kann, bzw. ein Material, von dem 50 Gramm sich als für die Durchdringungsprobe zu klein erweisen, ist überhaupt für jede Durchdringungsprobe zu weich.

Präsident Merriman: Der nächste Bericht ist von D. Holde und J. Marcusson: „Vorschläge für die Begriffsbestimmung des Bitumens" (XXV_1).

(Der Bericht gibt eine Tabelle über eine Einteilung des Bitumens im weitesten Sinne des Wortes, d. h. einschließlich der natürlichen und künstlichen bituminösen Stoffe. Zu jeder Bitumenklasse sind nebst den Grundstoffen, aus denen sie stammt, die charakteristischen Merkmale angegeben, wobei noch darauf hingewiesen wird, daß an den chemischen Reaktionen die Erkennung des Produktes in einzelnen Fällen sehr schwer ist.)

H. E. Camerman: Wie ich sehe, ist weder Herr Holde noch Herr Marcusson anwesend. Sie haben sicherlich alle, die sich für die Nomenklatur des Bitumens interessieren, den Bericht gelesen und auch die bedeutende Arbeit, die Herr Professor Holde am Materialprüfungsamte in Groß-Lichterfelde durchgeführt hat. Bei aller Hochachtung für diese wichtige und notwendige Arbeit glaube ich, daß alle, Deutsche, Engländer und Franzosen darüber einig sind, daß in der in Frage stehenden Nomenklatur große Unklarheit herrscht. Die einen nennen „Teer" (brai), was die anderen mit „Pech" (poix) benennen. Die einen nennen „Asphalt", was die anderen als „Bitumen" bezeichnen. Es wäre daher eine sehr nützliche Arbeit, eine einheitliche

Digitized by Google

Nomenklatur zu schaffen, und zwar nicht nur für alle Personen, welche sich mit Erzeugnissen des Bitumens befassen, sondern insbesondere für den Gedankenaustausch von Personen verschiedener Sprachgebiete. Ich erlaube mir daher den Antrag zu stellen, daß eine Kommission zum Studium der Nomenklatur des Bitumens oder vielmehr ganz allgemein der bituminösen Produkte ernannt werde. Diese Kommission soll aus Mitgliedern der verschiedenen Nationen, zum mindesten aber der deutschen, englischen und französischen Nation, zusammengesetzt werden und ihre Aufgabe dahin gehen, eine einheitliche Nomenklatur zu schaffen, so daß in jeder der drei Sprachen genau durch das betreffende Wort das bestimmte Produkt einheitlich gekennzeichnet wird. Es wäre nützlich, wenn die Vertreter der drei (oder mehr) Nationen gemeinsam arbeiten würden, um eine genaue Übereinstimmung zu schaffen.

H. P. Labordère: Ich möchte darauf aufmerksam machen, daß sich der Eisenbahnkongreß, der sich vorwiegend mit der Frage der Bitumen befaßt hat, wohl noch nicht die von Camerman vorgelegte Frage erörtert hat, ich würde jedoch vorschlagen, daß der nächste Kongreß, der im nächsten Jahr in London stattfinden wird, eine Enquête über die Frage der verschiedenen bituminösen Produkte anstellen möge. Ich glaube, daß es richtig wäre, gemeinsam mit dem Eisenbahnkongreß vorzugehen, damit man nicht zwei Bezeichnungen für dasselbe Produkt erhalte und es wäre gleichzeitig angezeigt, nicht allein die Definition der Worte, sondern auch die zur Prüfung angewendeten Methoden zu vereinheitlichen.

H. Cl. Richardson: Die Schwierigkeit dieser Definitionen ist schon lange empfunden worden. Derzeit liegt sie hauptsächlich darin, daß Deutschland und die Vereinigten Staaten unter Bitumen nicht bloß das Bitumen, wie es in der Natur gefunden wird, sondern Destillationsprodukte, wie Kohlenteere, verstehen. Frankreich und England begrenzen diese Definition auf natürliche Kohlenwasserstoffe und diese zwei Definitionen vertragen sich nicht miteinander. Ich glaube, daß es noch lange bis zur Erzielung einer Einigung dauern wird.

H. E. Camerman: Ich glaube, daß zwischen Herrn Labordère und mir kein Meinungsunterschied ist. Wenn wir nur die Hälfte dessen erreichen, was wir anstreben, wird der Fortschritt ein ganz bedeutender sein.

Digitized by Google

H. F. Cellerier: Ich glaube, daß alle über die Zweckmäßigkeit der Bildung einer Kommission nach Vorschlag des Herrn Camerman einig sind und darüber, daß sich diese Kommission mit dem Eisenbahnkongreß, wie Herr Labordère vorgeschlagen hat, ins Einvernehmen setze. Ich beantrage daher:

> Der Kongreß beschließt die Bildung einer Kommission aus Mitgliedern verschiedener Länder zui Vereinheitlichung der Prüfungsmethoden für Straßenmaterial und der Nomenklatur desselben in gemeinsamer Arbeit mit dem Exekutivkomitee des Straßenkongresses.

Präsident Merriman: Es liegt ein Antrag an die Sektion vor, der dann dem Resolutionskomitee zugewiesen werden wird.

H. C. Rinald verliest den Antrag.

Präsident Merriman: In der Donnerstagsitzung vormittags kommt ein Bericht der Herren J. H. Woolson und R. P. Miller über „Amerikanische Feuerproben mit Decken" zur Verhandlung. Dieser Bericht wurde ohne die zugehörigen Tafeln und Abbildungen gedruckt und ausgesandt. Die letzteren konnten erst jetzt fertiggestellt werden und Abdrücke stehen für alle, die an der Diskussion teilnehmen wollen, hier zur Verfügung.

Präsident Merriman vertagt hierauf die Sitzung auf Mittwoch, 9 Uhr vormittags.

Digitized by Google

Mittwoch, den 4. September 1912.

Der Präsident Prof. Hatt eröffnet die Sitzung um 9 Uhr 25 Min. vormittags.

Präsident Prof. Hatt: Auf der heutigen Tagesordnung stehen sechs Berichte. Der erste hievon lautet: „Untersuchungen der amerikanischen Forstverwaltung an einheimischen Hölzern mit besonderer Berücksichtigung ihrer mechanischen Eigenschaften ($XXIII_5$) von H. McGarvey Cline.

(Der Bericht gibt einen Überblick über die am Laboratorium für Waldprodukte in Madison (U. S. A.) durchgeführten Holzuntersuchungen, die sich auf physikalische Merkmale, mechanische und chemische Eigenschaften, künstliche Trocknung des Holzes, zerstörende Einflüsse, Holzkonservierung, Holzdestillation, Ganzstoff- und Papierfabrikation sowie Erzeugung von Schiffsmaterialien erstreckten. Der Arbeitsplan und die angewendeten Prüfungsverfahren sowie die zugehörigen Einrichtungen werden besprochen und zum Schlusse die Ergebnisse in Tabellen und Schaubildern übersichtlich wiedergegeben.)

Präsident Prof. Hatt: Da der Berichterstatter abwesend ist, wollen wir zunächst den folgenden Bericht vornehmen: „Festigkeit, Elastizität und andere Eigenschaften der Harthölzer aus Neusüdwales" ($XXIII_6$) von Prof. W. H. Warren.

(Der Bericht gibt eine Beschreibung der Verfahren und Versuche zur Erforschung der Eigenschaften der Harthölzer von Neusüdwales. Hiezu gehören folgende Versuche, bzw. Feststellungen: Druckversuche an Würfeln, Festigkeit und Elastizität großer und kleiner Holzbalken, Festigkeit und Elastizität langer und kurzer Holzstützen bei Druckbeanspruchung, Scherfestigkeit, Zugfestigkeit, Haltekraft, Druckfestigkeit senkrecht zur Faserrichtung, Härteproben, Drehungsversuche, Abnützungswiderstand, Schlagbiegeproben. Die Art der Auswahl der Stämme und die Ergebnisse der Druckfestigkeit bei verschiedenen Feuchtigkeitsgraden sowie die Proberesultate mit Würfeln aus Abschnitten, die dem Stamm in verschiedenen Höhen über dem Erdboden entnommen waren, werden besprochen und die Schlußfolgerungen aus den Ergebnissen der Würfelversuche zusammengefaßt.)

H. Prof. W. H. Warren: Wie ich höre, ist es gebräuchlich, einen kurzen Auszug aus dem Berichte zu geben. Was Sie im Druck vor sich haben, ist nur ein Teil einer größeren Untersuchungsarbeit, die jedoch zu groß ist, um in ihrer Originalform hier veröffentlicht zu werden; sie handelt von einigen physikalischen Eigenschaften der australischen harten Hölzer.

Die Untersuchungen bestanden in Druckproben mit Würfeln, die aus einzelnen Teilen des Baumes in verschiedenen Höhenlagen vom Erdboden herausgeschnitten wurden. Es sollte dadurch

Digitized by Google

bestimmt werden, ob Veränderungen der Festigkeit mit der Entfernung vom Erdboden im Zusammenhange stehen; außerdem wurde die Festigkeit und Elastizität an großen und kleinen Balken geprüft; zu diesem Zwecke wurde ein großer Baumstamm in Stücke von 10 × 10 Zoll Querschnitt zerlegt und diese bei einer Spannweite von 10 Fuß erprobt; nachdem diese Untersuchung beendet war, wurden kleine Stücke abgeschnitten, um die Verteilung der Feuchtigkeit und das Verhältnis zwischen Feuchtigkeit und Festigkeit, sowie das Verhältnis zwischen Feuchtigkeit und dem Elastizitätskoeffizienten festzustellen. Dann wurde die Druckfestigkeit und Elastizität langer und kurzer Holzsäulen bestimmt, sowie Scherproben ausgeführt. Hiezu kommen verschiedene andere Methoden der Prüfung, wie die der Scherfestigkeit, der Zugfestigkeit des Holzes, der Haltfestigkeit von Stiften und Nägeln, der Druckfestigkeit senkrecht zur Faserrichtung, die gewöhnlich als Querdruckprobe bekannt ist.

In Verbindung mit diesen Proben wurden auch Untersuchungen über die Härte des Holzes mittels der Brinellschen Kugeldruck- und der Kegeldruckprobe gemacht, welche beide mit dem Brinellschen Druckapparat durchgeführt wurden. Außerdem wurden Torsionsproben gemacht, und eine Serie von Untersuchungen erfolgte mit Holz, das einem Sandstrahle ausgesetzt war, der durch Sand, der von überhitztem Dampf von 40pfündigem Druck herausgeschleudert wurde, erzeugt worden ist. Der auf das Probestück einwirkende Sand grub ein Loch in dasselbe und aus der Tiefe des Loches, das in einer bestimmten Zeit ausgehöhlt wurde, wurde der Abnützungswiderstand des Holzes oder die relativen Abnützungsfestigkeiten verschiedener Hölzer bestimmt. Dann wurden Schlagproben bei Hölzern, die einem einzigen Schlag ausgesetzt wurden, ausgeführt und die von diesem Prüfungsstück absorbierte Energie wurde mit Hilfe eines Diagrammes, das auf einer rotierenden Scheibe aufgenommen wurde, bestimmt.

Was am Prüfungsvorgang vielleicht am meisten interessiert, ist aus den Diagrammen ersichtlich. Die Bäume wurden sorgfältigst ausgewählt und sowohl die botanischen, als auch die üblichen Namen, sowie die sonstigen Besonderheiten genau angegeben. Es wurden ferner erhoben das Datum des Fällens, die Höhe des Baumes in Fuß ausgedrückt, der Durchmesser in Zoll, und die durchschnittlichen Höhen und Durchmesser ähnlicher Stämme an dem gleichen Standorte, so daß man selbst ein Urteil schöpfen konnte, wie weit der Baum als Repräsentant seiner Gattung angesehen werden konnte. Wenn Sie dann weiter die

Digitized by Google

Abschnitte betrachten, Fig. 1, 2 und 3, werden Sie sehen, daß alle Abschnitte in einer besonderen Weise vorgenommen wurden, so daß die Jahresringe entweder parallel oder diagonal laufen. Es lag mir nichts daran, wie viele Bäume zerstört wurden, um diese Versuche anzustellen, wofern ich nur genaue, mit anderen Ergebnissen vergleichbare Resultate erzielen konnte, und die Beamten der Regierung unterstützten mich in dieser Beziehung. Die Druckprobestücke wurden stets entweder vom Abschnitt H oder Abschnitt D genommen.

Zuerst werden Sie einen Ring, A, finden, der an der höchsten Stelle des Stammes entnommen wurde, und zwar geschah dies, um zu untersuchen, ob das Holz an dieser höchsten Stelle besser oder schlechter war, als das Holz, das 5 Fuß von der Wurzel entfernt war; solche Stücke wurden von jedem Stamm abgeschnitten, damit jede Druckprobe und Schlagbiegeprobe immer von demselben Teile des Stammes stammte; man hoffte, daß infolge dieser Vorsicht die Resultate wertvoller gemacht würden, als wenn die Holzprobe so, wie es sich eben bot, entnommen würde, und man glaubte, damit auch eine bessere Methode gefunden zu haben, die relativen Vorzüge der verschiedenen Arten Bäume miteinander vergleichen zu können.

Zweifellos sind die physikalischen Eigenschaften, welche diese Bäume zeigen, sehr hohe Festigkeit und Härte, an sich sehr interessant, aber sie sind für uns in Australien noch interessanter als für Fremde; nun werden aber die australischen Hölzer für Holzpflaster gebraucht, sie werden nach anderen Ländern importiert und ein starker Export beginnt sich zu regen; die physikalischen Eigenschaften werden daher auch jene interessieren, die dieses Holz zu verwenden beabsichtigen. Wenn jemand den vollständigen Bericht wünscht, so kann er ihn von der Regierung in Neu-Süd-Wales erhalten. Es ist ein ziemlich großer Bericht und er enthält Einzelheiten über alle diese Versuche und die Vorrichtungen, mit denen diese Versuche angestellt wurden und die Photographien, die deutlich die Art der Durchführung dieser Versuche zeigen.

Die Photographien zeigen auch die Art des Bruches und das Aussehen des Holzes nach dem Bruche. Die wenigen Abbildungen, die in dem vorliegenden Berichte gezeigt werden, beziehen sich auf die Stärke der Würfel, die den verschiedenen Abschnitten, die in dem Schaubild gezeigt wurden, entnommen sind. Diese Probestücke wurden in Form von Würfeln und in Form von Prismen zugeschnitten, d. h. von jedem der in der Figur mit A, C, D, E und I bezeichneten Stücke.

Digitized by Google

Es waren keine besonderen Verschiedenheiten zu finden, soweit die Festigkeit des Holzes in Betracht kommt, ob die Probe von der noce hiezu brauchbaren höchsten Stelle des Stammes oder von einem untereh Teile genommen war; tatsächlich konnte man einen kleinen Vorzug zugunsten des höheren Teiles feststellen. Aus den Ergebnissen der Würfeln proben wurde die Tafel 2 hergestellt, die das Verhältnis zwischen der Druckstärke und dem Holzfeuchtigkeitsgehalt in Prozenten zeigt. Man sieht aus ihr den gewöhnlichen charakteristischen Verlauf, nämlich, daß mit dem Abnehmen der Feuchtigkeit die Festigkeit wächst, aber nicht alle Kurven zeigen dies im gleichen Maße. Einige zeigen eine Änderung im Verlaufe nach rund 20% Feuchtigkeit; bei diesen ist nach größeren Prozentsätzen Feuchtigkeit nur mehr eine kleine Abnahme der Festigkeit zu merken.

Bei anderen scheint die Festigkeit nachzulassen, wenn der Feuchtigkeitsgehalt 50% übersteigt, und einige der Kurven durchschneiden sich und zeigen so, daß eine Holzart bei einem bestimmten prozentuellen Feuchtigkeitsgehalt fester sein kann als eine andere, bei einem anderen Feuchtigkeitsgehalte dagegen wieder schwächer. Die Kurven sind sehr charakteristisch und wer sich für den Gegenstand nur irgendwie interessiert, sollte sie studieren. Der kleinste Feuchtigkeitsgehalt ist, 10%. Unter 10% Feuchtigkeitsgehalt machten wir gar keine Versuche obgleich wir bei noch weniger Feuchtigkeitsgehalt größere Festigkeit hätten konstatieren können. Aber das Holz, das praktisch verwendet wird, hat selten weniger als 10% Feuchtigkeit. Ein Hauptpunkt der Versuche sollte besonders berücksichtigt werden, und zwar, daß immer ein Mißerfolg zu verzeichnen war, wenn man ebene Flächen parallel zu den Jahresringen abschnitt. Aber ich bin überzeugt, daß dies auch schon andere bei ihren Holzproben beobachtet haben.

Präsident Hatt eröffnet die Diskussion.

H. Mansfield Merriman: Wie ich sehe, hat der Berichterstatter für seine Druckproben sowohl Würfel als prismatische Probestücke angewendet. Welche Länge, bzw. Höhe hatten die Prismen? Das zwei-, drei- oder vierfache des Durchmessers?

H. Prof. W. H. Warren: Die Prismen, die nur von Holzstücken besonderen Querschnittes abgeschnitten wurden, waren 12 Zoll hoch. Wir hatten aber auch Säulen von 2, 3 und 8 Fuß Höhe.

H. Prof. M. Merriman: Für Druckproben haben Sie keine zylindrischen Probestücke verwendet?

Digitized by Google

H. Prof. W. H. Warren: Ja. Wir nahmen in jedem Falle zylindrische Stücke und solche rechteckigen Querschnittes.

H. Prof. M. Merriman: In welchem Verhältnis stand die Zylinderhöhe zum Durchmesser?

H. Prof. W. H. Warren: In gleichem wie beim Prisma. Die Zylinder wurden 1 und 2 Fuß hoch genommen.

H. Prof. M. Merriman: In welchem Verhältnis zum Durchmesser?

H. Prof. W. H. Warren: Der Durchmesser betrug konstant 5 Zoll, die Länge 1, 3 und 8 Fuß.

H. Prof. M. Merriman: Halten Sie den Würfel nicht für Holzproben geeigneter als das Prisma, da dieser mehr vergleichbare Angaben bietet?

H. Prof. W. H. Warren: Nein! durchaus nicht! Der Würfel ist eine übereinkommengemäße, vielfach in Gebrauch stehende Form. Ich ziehe das Prisma vor, das die Messung elastischer Größen zuläßt.

H. Prof. M. Merriman: Ich danke für Ihre Meinungsäußerung. Der amerikanische Verband für die Materialprüfungen der Technik beschäftigt seit Jahren eine Kommission mit der Feststellung einheitlicher Prüfungsmethoden. Die Arbeit ist bezüglich der Metalle vollendet und darin das Prisma als einheitlicher Probekörper für Druckproben empfohlen. Die anderen Materialien sind in Bearbeitung und es ist, wie derr Herr Präsident weiß, die Probeform für Holz, Stein usw. noch in Frage.

Präsident Hatt dankt, da sich niemand mehr zum Worte meldet, dem Berichterstatter und geht zum nächsten Bericht über: „Härteprüfung des Holzes mittels Kugeldruckverfahrens (XXIII$_3$) von G. Janka.

(Der Bericht empfiehlt die schon im Jahre 1906 vom Autor angeregte Härteprüfung des Holzes mittels Kugeldruckprobe zur Aufnahme unter die obligatorischen oder fakultativen Holzprüfungsverfahren. Das Verfahren besteht darin, eine Kugel von 1 cm² größter Querschnittfläche (5·642 mm Radius) in die geglättete Oberfläche des zu prüfenden Holzes bis zu ihrem größten Kreise einzudrücken und den Widerstand zu bestimmen. Diese Widerstandskraft ist direkt als Holzhärte anzusehen. Da die Eindruckoberfläche 1 cm² beträgt, ist der Widerstand sofort in kg/cm² gegeben. Als Vergleichshärte ist Hirnholzhärte bei Lufttrockenheit (d. i. 15% Feuchtigkeit) anzunehmen. Die Versuche an Fichten-, Lärchen- und Eschenholz ergaben, daß die Härteprüfungsergebnisse mit den Elastizitäts- und Festigkeitseigenschaften parallel gehen und einen richtigen Qualitätsvergleich abgeben können.)

Digitized by Google

Präsident Hatt: Da der Autor abwesend ist, wird die Behandlung des Berichtes verschoben. Der nächste Bericht ist der der Dänischen Staatsprüfungsanstalt in Kopenhagen: „Über Holzbiegeproben" ($XXIII_2$).

(In dem Berichte wird eine Darstellung der im Auftrag des Kopenhagener Min. f. öff. Arbeiten mit rohkantigen und vierkantig zugeschnittenen Gerüsthölzern durchgeführten Proben gegeben. Es wurden Biege- und Schlagproben gemacht. Letztere, als die wichtigeren, ergaben die Verwendbarkeit der rohkantigen Bretter. Die Vergleichsproben mit kurzen Probestücken nach Empfehlung des internationalen Verbandes ergaben viel höhere Bruchfestigkeiten. Zum Schlusse wird über Untersuchungen zur Erklärung des Holzbruches (auf der Zugseite) beim Biegen in der Querrichtung berichtet, die mit einer speziellen Vorrichtung zur Deformationsmessung vorgenommen wurden. Der Bruchbeginn auf der Zugseite erklärt sich durch eine Verschiebung der neutralen Achse nach der Zugseite hin.)

Präsident Hatt: Ist ein Vertreter der Versuchsanstalt hier? Da dies nicht der Fall ist, wird die Behandlung des Berichtes auf den Schluß verschoben. Den nächsten Verhandlungsgegenstand bildet der Bericht der Herren P. Labordère und D. Anstett: „Über die Mittel zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Pflasterungshölzern" ($XXIII_4$).

(Nach dem Berichte beträgt der in Paris jährlich für die Erhaltung des Holzpflasters pro 1 m² verausgabte Betrag 1 Frc. gegen 0.85 Frcs. für Steinpflaster, 1.32 Frcs. für Asphalt und 2.8 Frcs. für Macadam. Die durchschnittliche Dauer des Holzpflasters beträgt 9 Jahre, in den belebtesten Straßen 5 bis 6 Jahre. Um die Druckfestigkeit der Holz-Pflasterstücke zu erhöhen, wurden Versuche angestellt und diese ergaben, daß die Festigkeit durch dreistündige Erwärmung des Holzpflasters in einem Bade mit schwerem Steinkohlenöl bei 130° bis 140° merklich erhöht werden kann. Zur Verhinderung der Festigkeitsabnahme des Pflasters infolge Durchtränkung mit Wasser werden zwei Verfahren angegeben.)

H. P. Labordére: Ich habe dem Berichte nichts hinzuzufügen. Die Druckfestigkeit ist durch unseren Prozeß um 40% erhöht worden. Gleichzeitig wurde durch die Menge des ins Holz eingedrungene Öl dessen Widerstandsfähigkeit gegen Fäulnis gehoben. Das diesbezügliche Maß kann erst nach mehrjährigem Gebrauche der Pflaster-Holzstöckel angegeben werden. Jedenfalls erweist sich unsere Methode als vorteilhaft.

Präsident Hatt eröffnet die Diskussion. Ein schriftlicher Diskussionsbeitrag liegt vor von Herrn H. D. Teeman des Government Testing Laboratory, U. S. Forest Service at Madison, Wisconsin.

Digitized by Google

H. H. P. Tieman (schriftlicher Beitrag): In der Arbeit der Herren P. Labordère und F. Anstett wird nachgewiesen, daß die Festigkeit des Holzpflasterwürfels erhöht werden kann, wenn man ihn im trockenem Zustande in einem Bade von schwerem Reinkohlenöl bei einer Temperatur von 130—140° C durch drei oder mehr Stunden erhitzt.

Im Zusammenhange damit wird die Wiedergabe einiger Versuche, die von dem Autor als dem Chef des „Testing Laboratory of the United States Forest Service" vor vielen Jahren an der Yale Universität gemacht wurden, sehr interessieren. Die aus diesen Versuchen gezogenen Schlüsse lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen:

1. Die Druckfestigkeit (in der Faserrichtung) von roter Sprossenfichte kann im trockenen Zustande durch Imprägnierung mit rohem Terpentin stark erhöht werden.

2. Die Extraktion des Harzes aus der langblätterigen Fichte verringert ihre Festigkeit im trockenen Zustande, aber nicht wenn sie im Wasser gelegen ist.

3. Bei Holz, das Temperaturwechseln zwischen 60—150° C ausgesetzt ist, nimmt die Festigkeit, wenn es trocken ist, zu; sie nimmt dagegen ab, wenn das Holz Feuchtigkeit ausgesetzt ist.

4. In Kreosot getauchtes und dann an der Luft getrocknetes Holz ist fester als Holz, das bloß an der Luft natürlich austrocknete.*)

Die Einzelheiten der Untersuchungen wurden nicht veröffentlicht, sie sind aber im Programm des „Government Experimental Laboratory" in Madison, Wisconsin, aufgenommen. Es wird hier genügen, nur die zum Beweise der erwähnten Schlüsse notwendigen Einzelheiten wiederzugeben:

Zu 1. Sieben kleine Probestücke der Rotfichte, $1^1/_2$ Zoll lang, wurden sorgfältig aus je fünf einzelnen Stücken von je $^3/_4$ Zoll Querschnitt ausgeschnitten. Das Probematerial war an der Luft vollständig getrocknet. Zum Zwecke leichterer Verständigung wird von nun ab das Wort „Satz" für eine Gruppe von Proben verwendet werden, von denen je aus einem der fünf verschiedenen Probestücke entnommen ist und die zusammen als eine Einheit behandelt werden. Es waren also sieben Sätze vorhanden, aus je fünf Proben bestehend. Jeder

*) Siehe Forest Service, Circular 108: „Einfluß des Feuchtigkeitsgehaltes auf die Festigkeit des Holzes", S. 20, „Wirkung der Überhitzung", siehe auch Bulletin 70: „Die Wirkung der Feuchtigkeit auf Holz", Tafeln 34 und 35.

Digitized by Google

Satz wurde einer anderen Behandlung unterworfen und jedes Probestück wurde einzeln auf Druck in der Richtung der Faser erprobt. Die Resultate jedes Probesatzes wurden im Durchschnitt genommen. Die Durchschnittszahlen und Art der Behandlung wird auf Tafel 1 veröffentlicht. Zum Zwecke des Vergleiches ist die letzte Kolonne hinzugefügt; sie zeigt die Festigkeit des normalen, lufttrockenen und auf den gleichen prozentualen Feuchtigkeitsgehalt wie der untersuchte Probesatz gebrachten Holzes.

Tafel 1.

Satz Nr.	Behandlungsart	Feuchtigkeitsgehalt in % des Trockengewichtes	Druckfestigkeit in lbs./sq. inches	Vergleichsfestigkeit eines normal luftgetrockneten Holzes gleichen Feuchtigkeitsgehaltes
1	In Terpentingeist durch 78 Tage getaucht und dann 21 Tage an der Luft getrocknet	—	5800	—
2	Durch 80 Tage in kaltes Wasser getaucht	74·4	2160	2050
3	Durch 78 Tage in Roh-Terpentin eingesetzt und dann 21 Tage an der Luft getrocknet	12·8	8410	4780
4	Durch 78 Tage in Roh-Terpentin eingesetzt, durch 5 Stunden auf 94° C erhitzt und dann 92 Tage an der Luft getrocknet	13·2	5060	4690
5	Durch 78 Tage in Roh-Terpentin eingesetzt, durch 5 Stunden auf 94° C erhitzt und dann im Trockenofen bei 42° C getrocknet	6·6	8380	6650
6	Durch 31 Tage in Äther getaucht und dann 29 Tage getrocknet	13·6	4550	4590
7	Nur luftgetrocknet	13·0	4740	4740

Dies ermöglicht einen direkten Vergleich der absoluten Werte, da sie die Wirkung der Behandlung unabhängig vom Feuchtigkeits-

Digitized by Google

gehalt zeigen. Die Festigkeitszunahme des Probesatzes Nr. 3 von 4780 Pfund pro Quadratzoll bis zu 8410 (bei demselben Feuchtigkeitsgehalt) ist sehr auffallend. Die Versuche wurden im Jahre 1906 angestellt.

Zu 2. Zu diesem Zwecke wurden vier Probesätze, $1^1/_2$ Zoll lang, sorgfältigst aus jedem der sieben Stücke der langblätterigen Fichte von $^3/_4$ Quadratzoll Querschnitt herausgeschnitten und die vier Proben jedes Stückes mit vier aufeinander folgenden Zahlen versehen. Das Harz wurde von den Sätzen 2 und 3 durch eine achttägige Ätherdestillation extrahiert. Die Sätze 1 und 4 wurden keiner Behandlung unterworfen. Die Probesätze 1 und 2 wurden dann in einem Trockenofen bei 60° C durch 36 Tage getrocknet, und die Sätze 3 und 4 während derselben Zeit in kaltes Wasser eingetaucht. Die 28 Probestäbe wurden dann alle an demselben Tage einer Druckprobe längs der Faser unterzogen. Zweifellos ist noch etwas Harz in dem dicken Holz der Sätze 2 und 3 zurückgeblieben, obgleich die Probestäbe lichter in der Farbe und leichter im Gewicht waren wie vorher. Die Durchschnittsergebnisse sind in der Tafel 2, September 1906, niedergelegt.

Tafel 2.

Satz Nr.	Holzart	Behandlung nach Harz-Extraktion	Extrahiertes Harz in % des Trockengewichtes	Drucklast in Pfund (Mittel)
1	Normal-Holz . .	Im Trockenofen bei 60° durch 36 Tage getrocknet	—	8171
2	Entharztes Holz .	„	15·3	7711
4	Normal-Holz . .	Durch 36 Tage in kaltem Wasser eingesetzt	—	2518
3	Entharztes Holz .	„	15·5	2606

Zu 3. Dieser Schluß ergab sich aus einer langen Reihe eingehender Versuche, die sich über eine Periode von zwei Jahren erstreckten und bei denen Proben von weißer Esche, langstieliger Fichte und roter Eiche verschiedenen Behandlungen unterworfen wurden, wie dem Einfluß

Digitized by Google

gesättigten und überhitzten Dampfes, trockener und feuchter Luft, teilweisen Vakuums bei Temperaturen, die von 63—148° C variierten. Im ganzen wurden über 2200 Proben angestellt, wobei die Probehölzer längs der Faser sowohl gebogen als auch gedrückt wurden. Die Probestücke maßen $1^1/_2 \times 1^1/_2 \times 5$ Zoll für die Druck-, und $2 \times 1^1/_2$ Zoll mit 26 Zoll Spannweite für die Biegeprobe. Es wäre unzweckmäßig, heute schon mehr als die schon angegebenen Schlüsse anzuführen, doch müssen wir bemerken, daß die Ergebnisse in dieser Beziehung alle vollständig übereinstimmen. Es ist jedoch, wie es scheint, die Festigkeitszunahme in den trockenen Probestücken gänzlich der Verminderung der dem Holze eigenen Feuchtigkeit zuzuschreiben; in manchen Fällen auch einer Vermehrung der Dichtigkeit infolge Einschrumpfens.

Tafel 3.

Satz Nr.	Behandlung	Drucklast in Pfund	Drucklast in Pfund pro Quadratzoll
1	6 Tage in kaltes Wasser getaucht ...	1860	3070
7	Einige Stunden in Kreosotsäure und dann einige Tage in kaltes Wasser getaucht	2114	3490
8	Einige Tage in Kreosot und dann 8 Tage in kaltes Wasser getaucht....	2045	3360
4	Luftgetrocknet.....	5185	9630
6	Mehrere Stunden in Kreosotsäure getaucht und dann in einem Raume 30 Tage luftgetrocknet.....	6410	11650
5	Mehrere Stunden in Kreosot getaucht und dann in einem Raume 30 Tage luftgetrocknet	6233	11450

Zu 4. Acht Stücke von $^3/_4$ Quadratzoll an der Luft getrockneter langstieliger Fichte wurden in 16 je 1 Zoll langen und mit aufeinander folgenden Zahlen versehene Probestücke geschnitten. Die Sätze waren

Digitized by Google

so zusammengestellt, daß die Stücke 1 und 16, 2 und 15, 3 und 14 etc. demselben Satz angehörten, respektive um den Einfluß der Lage im Stück so viel als möglich zu eliminieren, wurden nur acht Sätze zusammengestellt. Die Sätze 1, 7 und 8, die in nassem Zustande untersucht wurden, und die Sätze 4, 5 und 6, die an der Luft getrocknet wurden, erregen allein unser Interesse und sind daher nur von diesen die Einzelheiten angegeben. Die Ergebnisse erscheinen in der Tafel 3. Eine Vermehrung der Festigkeit zeigt sich in den luftgetrockneten Probestäben.

H. Prof. W. H. Warren: Die im Berichte beschriebenen Verfahren sollen Festigkeitszunahme bewirken. Soweit meine Erfahrung bei australischem Bauholz zeigt, haben die meisten Behandlungsarten, wie das Trocknen in Öfen, die Festigkeit des Holzes vermindert; aber wir besitzen ein anderes, in letzter Zeit erfolgreich angewendetes Verfahren, um die Dauerhaftigkeit des Holzes zu vermehren und zum mindesten das Aussehen des Holzes zu verbessern, und zwar den Saccharinprozeß. Das Holz wird, wie wohl bekannt ist, in ein Bad mit Saccharinlösung eingetaucht und so lange gekocht, bis der natürliche Saft herausgetrieben zu werden beginnt. Dann läßt man es auskühlen und das Saccharin dringt mehr oder weniger tief bis in den Kern des Holzes ein. Dann wird die Flüssigkeit abtropfen gelassen und das Holz getrocknet. Versuche mit Holz, das ich nach diesem Verfahren behandelt habe, haben gezeigt, daß das Holz etwas fester, seine Dauerhaftigkeit aber sicher bedeutend erhöht worden ist. Der Prozeß erscheint besonders für hartes Bauholz geeignet. Aber ich glaube, daß er auch mit Erfolg bei weichem Bauholz angewendet worden ist.

H. C. D. Rinald: Wird das Holz in der Lösung gekocht?

H. Prof. W. H. Warren: Es wird darin gekocht und dann herausgenommen und gepreßt.

H. C. D. Rinald: Sie kochen das grüne Holz in der Lösung?

H. Prof. W. H. Warren: Ja, das grüne Holz.

H. P. Labordère: Ich will nicht behaupten, daß man keine guten Ergebnisse durch Einlegen des Holzes in eine Zuckerlösung erhalten kann, aber ich glaube, daß das Kochen hiebei das Wichtigste ist. Sofern man Holz kocht, dürfte es das Ergebnis, unabhängig von dem Stoff, in dem das Holz gekocht wird, stets ziemlich das gleiche sein.

H. C. D. Rinald: Sie geben also das Holz in die Lösung, bevor Sie es trocknen.

Digitized by Google

H. Prof. W. H. Warren: Ja.

H. C. D. Rinald: Im Zustand nach dem Fällen.

H. Prof. W. H. Warren: Ja.

H. C. D. Rinald: Ich meine in noch grünem Zustande, mit Poren voller Saft.

H. Prof. W. H. Warren: Ja. Ich möchte hinzufügen, daß gewisse Hölzer als Schutz vor der weißen Ameise in unseren Gegenden einer Arsenikimprägnierung bedürfen; es ist in diesem Falle am besten, den Giftstoff in das Kernholz zu versetzen. Das sollte vor allen anderen Erhaltungsprozessen vorgenommen werden.

H. C. D. Rinald: Wird das Arsenik gleichzeitig mit dem Zucker (Saccharin) beigesetzt?

H. Prof. W. H. Warren: Ja. Man schafft eine Art Vakuum im Innern des Holzes und die Lösung tritt ein.

H. C. D. Rinald: Herr Labordère wundert sich, wie ich seinen Worten zu entnehmen glaube, daß Sie dem Holz den Saft entziehen, bevor Sie es in irgend einen Stoff zum Zwecke einer Behandlung einsetzen.

H. W. H. Warren: Der Entzug erfolgt beim Kochprozeß und dann erst geschieht das Auswittern. Zum Auswittern wird das Holz auf eine geeignete Stelle gebracht und dem Dampf ausgesetzt.

H. P. Labordère: Der Prozeß kann vorzüglich sein, ich glaube aber, daß er gleichwohl nahezu auf dasselbe Ergebnis führen muß, wie der unsrige, da die Erhitzung die Hauptrolle spielt.

H. C. D. Rinald: Herr Labordère glaubt, daß der Prozeß, den er nicht untersucht hat, nahezu derselbe wie der seinige ist, da in der Wärmebehandlung das Hauptmoment liegt.

H. Prof. W. H. Warren: Jawohl. Die Wärmebehandlung ist das Wichtige; sie entfernt die Feuchtigkeit.

Präsident Hatt: Herr Tieman hat in seiner Diskussionsschrift gesagt, daß die Holzfestigkeit unter Anwendung hoher Temperaturen und gleichzeitigem Druck sehr stark erhöht werden kann, so daß gewisse Holzarten in ihrem Volumen unter Druck in einem geschlossenen Zylinder und unter hoher Temperatur um 5% vermindert werden können und eine Härte und Dichte eines transformierten Holzes zeigen. Die Transformation des Holzes als Wirkung gewisser Einflüsse ist neu.

H. P. Labordère: Die Worte des Herrn Hatt geben unseren Worten, daß man eine Festigkeitszunahme durch Erhitzung des Holzes erreicht, Recht.

Digitized by Google

Präsident Hatt dankt dem Berichterstatter für seinen wertvollen Beitrag und geht zum nächsten Bericht von Prof. M. Rudeloff: „Über Holzprüfung" ($XXIII_1$) über.

(Der Bericht beantwortet die vom Kopenhagener Kongreß aufgestellte Frage, ob die Holzuntersuchungen nicht allein an kleinen ausgewählten Holzproben, sondern auch an größeren Stücken mit Fehlern und Strukturvariationen auszuführen sind, dahin, daß die Entnahme und Prüfung kleiner Proben zur fallweisen Feststellung der Eigenschaften des zu verwendenden Holzes zu dienen hat und daß die kostspielige Erprobung großer Stücke nur zu dem Zwecke zu erfolgen hat, um durch einmalige umfassende Erprobung solcher Stämme, welche die typischen Eigenschaften der zu untersuchenden Holzarten darstellen, für die Eigenschaften der letzteren allgemein gültige Grenzwerte zu ermitteln. Die Gesichtspunkte, die hiebei zu beachten sind, werden besprochen.)

Präsident Hatt: Ist Prof. Rudeloff anwesend?

H. Prof. W. H. Warren: Leider nicht.

Präsident Hatt: Die gestern verschobene Verhandlung des Berichtes des Dr. Tanaka über den Gebrauch von japanischem Lack zum Anstrich von Personenwagen, ist Gegenstand der heutigen Sitzung. Ich eröffne die Verhandlung darüber.

H. Prof. Sh. Tanaka: Meine Abhandlung bezieht sich auf eine Reihe von Versuchen, welche die kaiserliche Verwaltung von Japan vor drei oder vier Jahren durchgeführt hat, um Lack für den Außenanstrich von Personenwagen zu verwenden. Die Wagen in Japan sind aus Holz. Wie bekannt, ist Lackieren eine alte volkstümliche Kunst in Japan. Lack findet nicht nur bei Luxusgegenständen, sondern auch für praktische Zwecke ausgebreitete Verwendung. Wir verwenden z. B. lackierte Ware als Eßgeschirr für die Dienerschaft an Stelle von Porzellan. Er ist sehr hart, sehr zäh, gibt feinen Glanz, reagiert nicht auf Wasser, Alkohol oder Öl, bleibt von Alkalien oder Säuren unangegriffen, wie scharf sie immer sein mögen. Das sind Eigenschaften, welche ihn ganz besonders für den Anstrich von Eisenbahnwagen geeignet machen. Doch die Schwierigkeit lag im Kostenpunkt, da die normalen Kosten des Lackierens für Personenwagen nicht zulässig waren. Es war jetzt unser Ziel, die Methode des Lackierens wissenschaftlich zu studieren, um seine Kosten zu verringern. Mangel an Zeit hindert mich, in die Details einzugehen, doch ich habe hier einige Probetäfelchen, welche die verschiedenen angewendeten Verfahren zeigen sollen und aus denen Sie die Fortschritte der Arbeit ersehen werden.

Digitized by Google

Hier sind drei Probetäfelchen. Hier (eine Füllung zeigend) ist eine Füllung A genannt, auf welche der Lack einfach aufgetragen ist. Sie sehen alle die verschiedenen Stufen des Prozesses und an der Rückseite jeder Füllung finden Sie eine kurze Erklärung.

H. P. Labordère: Ist es für Holz oder für jeden Gegenstand?

Prof. Sh. Tanaka: Das Verfahren gilt nur für Holz. Für Eisen haben wir wieder einen anderen Prozeß.

H. P. Labordère: Was geschieht bei Eisen?

Prof. Sh. Tanaka: Wir benützen denselben Stoff, doch ist die Behandlung eine verschiedene.

H. P. Labordère: Würde es viel kosten?

H. Prof. Sh. Tanaka: Die Kosten dieses Verfahrens sind in Japan ungefähr dieselben wie die des gewöhnlichen Anstriches.

Die zweite Mustertafel hier trägt die Marke B. Diese zeigt eine sorgfältigere Art der Behandlung. Wenn die zu bemalende Oberfläche sehr groß ist, dann zeigen sich Unregelmäßigkeiten auf der Oberfläche und es gibt auch Harzfugen. Diese müssen ausgekratzt und fehlerhafte Teile ausgebessert werden. Manchmal werfen sich solche große Flächen durch Temperatur-Veränderungen und infolge atmosphärischer Feuchtigkeit, so daß die Fläche verstärkt, gehärtet und nochmals aufgefrischt werden muß.

Diese Mustertafel zeigt eine solche Wieder-Auffrischung, die dadurch erreicht wird, daß man ein Hanftuch über die Oberfläche breitet und diese dann überall mit einer Mischung von Lack und Thonpulver glättet.

Wir haben auch noch eine andere, eine gemischte Methode angewendet, sie erweist sich dann besonders wirksam, wenn man den Grundanstrich und den darauffolgenden ersten Anstrich mit Lack ausführt und diesen dann mit einem Farbanstrich deckt, d. h. mit einer Lage von Kopallack oder Deckfarbe, und zum Schluß mit einem Firnis. Diese Methode hat uns Schwierigkeiten bereitet, weil der gewöhnliche Farbanstrich auf der Lackfläche nicht gut haftet.

Nach einiger Zeit schält sich dann die Farbhaut oder der Anstrich ab. Wir versuchten daher, eine Zwischenschichte zwischen die Lackfläche und den Farbanstrich zu geben, die genügende Affinität zu beiden hatte und, wie ich glaube, ist uns dies gelungen, wovon Sie sich selbst bei der Mustertafel C überzeugen können. Wir haben zwei Arten dieser Zwischenschichte angewendet. Bei der einen benützten

Digitized by Google

wir Gelatine und Formalin, bei der anderen Gelatine und Bichromate von Pottasche.

Als Hauptvorzüge dieses Prozesses möchte ich mir anzuführen erlauben, erstens, daß der Lack gewiß der beste Anstrich ist, soweit die Festigkeit und Schönheit der Oberfläche in Betracht kommen, zweitens die Leichtigkeit, mit der die Wagen jetzt repariert oder frisch angestrichen werden können. Bei einem Anstrich nach gemischtem System, d. h. auf lackiertem Grund können Sie, wenn ein Wagen schmutzig wird, dessen Außenseite mit einer alkalischen Lösung abreiben. Da der Lack von Alkalien nicht beeinflußt wird, bleibt er unberührt, so daß Sie leicht den äußeren Anstrich entfernen können; sobald dies geschehen, können Sie einige neue Anstrichlagen auf den alten Lackgrund geben und es entfällt die Notwendigkeit, den ganzen früheren Anstrich, wie dies bisher geschehen ist, wegzukratzen oder wegzuwaschen. Dieser Umstand erleichtert die Reparatur sehr bedeutend; er vermindert tatsächlich die Arbeit auf die Hälfte. Auch die anderen Lackprozesse ermöglichen Reparaturerleichterungen, da wir nur die schadhaften Teile abzukratzen, diese Stellen mit 2 bis 3 Lackanstrichen zu versehen und nach deren Trocknung einen letzten Lackanstrich über die ganze Oberfläche zu geben brauchen. Damit ist alles wieder in Ordnung.

H. C. D. Rinald: Werden nicht Fugen an den Stellen, wo die beiden Anstriche zusammenkommen, sichtbar? Erfolgen alle Anstriche auf dem Wagen?

H. Prof. Sh. Tanaka: Nein, da die Oberfläche sich im allgemeinen aus einzelnen Verschalungsstreifen zusammensetzt.

H. C. D. Rinald: Sieht man das nicht?

H. Prof. Sh. Tanaka: Wenn ein Teil der Oberfläche schadhaft geworden ist, können wir ihn nicht allein erneuern. Wir müssen die ganze Oberfläche überlackieren. Doch kann man sich hiebei auf eine oder möglicherweise zwei Lagen des letzten zur Vollendung dienenden Lacks beschränken. Die kais. jap. Staatseisenbahnen haben Wagen, welche auf diese Weise gestrichen wurden, ungefähr zwei Jahre in Verwendung, und in diesen zwei Jahren wurden diese Wagen nicht reparaturbedürftig. Dieser Umstand läßt uns schon jetzt gute Erfolge voraussehen.

H. Th. B. Aiken: Wieviel Zeit ist vom ersten bis zum letzten Anstrich notwendig?

Digitized by Google

H. Prof. Sh. Tanaka: Die Zeit ist natürlich zu den verschiedenen Jahreszeiten verschieden. Der Lack trocknet bei warm-feuchtem Wetter gut. In Japan zum Beispiel ist das Wetter während des Sommers gewöhnlich warm und feucht, so daß dort ein Wagen in etwa sechs Tagen getrocknet sein kann. Zur Winterszeit müssen die Wagen in feucht und warm gehaltenen Werkstätten lackiert werden, und dort sind zu dieser Arbeit acht bis zehn Tage erforderlich. Die Temperatur und der Feuchtigkeitsgrad ist für den Zeitaufwand ausschlaggebend.

H. J. H. Woolson: Wie viele Anstriche sind in den sechs Tagen aufgetragen worden? Sind dies dieselben, wie im vorliegenden Muster?

H. Prof. Sh. Tanaka: Ja, wie im Muster A. Es sind sieben oder acht Anstrichlagen.

H. J. H. Woolson: Also einer pro Tag?

H. Prof. Sh. Tanaka: Im Durchschnitt ein Anstrich täglich. Es sei mir gestattet, noch einige ausführlichere Erklärungen zu geben. Es handelt sich hier um die Masse zum Ausfüllen der Vertiefungen. Sie verzögern weitgehendst die Behandlung. Bei dem gewöhnlichen Anstreichverfahren müssen wir oft einen ganzen Monat warten, bis die ausgefüllten Höhlungen gänzlich trocken sind. Dies ist meistens dem Umstande zuzuschreiben, daß die bisher für diesen Zweck in Japan in Gebrauch stehenden Füllmassen — Sie haben vielleicht in Amerika oder Europa eine bessere — die sehr schlechte Eigenschaft haben, sich beim Trocknen zusammenzuziehen. Um eine große Höhlung auf einmal zu füllen, ist zu viel Zeit zum Trocknen erforderlich. Daher wurde die Füllmasse nicht auf einmal, sondern in aufeinanderfolgenden Schichten angewendet, so daß, wenn eine Schichte während des Trocknens einschrumpft und eine, wenn auch geringere Höhlung zurückläßt, sie wieder ausgefüllt werden kann. Tatsächlich ist dieses Verfahren ein sehr mühseliges.

Bei dem von uns durchgeführten Verfahren des Lackierens ist Gips als Füllmasse zu verwenden. Gips mit Wasser abgeknetet und als Füllmittel mit einer gewissen Menge von Rohlack vermischt, gibt eine schmiegsame Masse, die sich zum Ausfüllen der hohlen Stellen vollkommen eignet. Wie bekannt, hat Gips die Eigenschaft, sich beim Erhärten auszudehnen, so daß bei Benützung dieses Stoffes nicht bis zur vollkommenen Verdunstung des beigemengten Wassers zugewartet werden muß. Erhärteter Gips behält fortdauernd einen gewissen Wassergehalt zurück und dehnt sich während des Erhärtens aus; er vermengt sich auch sehr gut mit Lack, und wenn diese Masse zum Aus-

Digitized by Google

füllen Anwendung findet, erhärtet sie vollkommen in einigen Minuten nach dem Einfüllen. Diese Zeit ist aber wiederum zu kurz, um ein zweckmäßiges Arbeiten zu ermöglichen. Um die Zeit des Erstarrens zu verlängern, fügen wir drei bis fünf Prozent Glyzerin bei; auf diese Art kann mit diesem Material $1\frac{1}{2}$ Stunden gearbeitet werden, ohne daß es seine Schmiegsamkeit verliert, und wird andererseits die Zeit, welche zur Auffüllung der Höhlungen beansprucht wird, auf drei bis höchstens vier Stunden verringert.

H. P. Labordère: Erhält man den Firnis nur in Japan?

H. Prof. Sh. Tanake: In Japan und China. Wir nennen ihn „Urushi".

H. C. D. Rinald: Könnte uns Herr Tanaka den lateinischen Namen für den Lackbaum nennen, der in Europa und auch in unserem Lande (Amerika) ziemliche Verbreitung hat? Er wurde vor einigen Jahren importiert und wird „Rhus Vernicifera" genannt. Ich habe nie das rohe Gummi gesehen. Es wird nicht exportiert, weil man im fernen Osten es besser zu verfeinern und von seinen giftigen Eigenschaften zu befreien versteht. Unser amerikanischer Gift-Epheu gehört, wie ich glaube, derselben Klasse an; er heißt Rhus Toxicodendron und scheint von derselben Familie zu sein, wie der gewöhnliche Gift-Epheu.

Präsident Hatt erteilt dem Berichterstatter das Schlußwort. Da er darauf verzichtet, dankt er ihm für seinen wertvollen Beitrag und setzt den anfangs der heutigen Sitzung wegen Abwesenheit des Autors verschobenen Bericht des H. M. G. Cline auf die Tagesordnung. Da H. Cline abermals fehlt, wird der Bericht auf morgen verschoben.

Präsident Hatt: Der nächste, gleichfalls heute zurückgesetzte Bericht ist der Jankas über „Härteprüfung des Holzes mittels Kugeldruckprobe".

H. W. H. Warren: Die von Janka angewendete Methode ist eine abgeänderte Brinellsche Methode, welche, soviel ich verstehe, darin besteht, daß die Kugel bis zur Hälfte (also eine Halbkugel) in den Kern des Holzes eingedrückt wird. Ich kann meinerseits keinen besonderen Vorteil in dieser Methode erblicken, als den, daß bei dieser abgeänderten Brinellschen Kugeldruckprobe größere Kugeln benützt werden. Ich habe Kugeln von 20 mm im Durchschnitt verwendet, in den Brinellschen Apparat eingebracht und nun Druck angewendet. Nach einigen vorbereitenden Versuchen wurde ein Druck von 1000 kg auf einer 20 mm-Kugel durch zwei Minuten ausgeübt, der Durchmesser mikroskopisch gemessen und die Härte auf dem gewöhnlichen

Digitized by Google

Wege bestimmt. Ein anderes Verfahren betrifft die Kegeldruckprobe, deren beim letzten Kongreß in Kopenhagen vorgeführte Apparate bei Amsler erzeugt wurden. Es wird ein rechtwinkeliger Kegel in das Holz getrieben, worauf die Tiefe des Eindruckes gemessen wird. Ich fand bei australischen Hölzern als besten Probedruck den von 400 kg. Das Holz schien den Druck ganz in der ersten Minute aufzunehmen. Wir wendeten den Druck zuerst durch zwei Minuten an, und dann nur durch eine Minute. Die aus diesen Experimenten gefolgerte Härtezahl stimmte praktisch genommen genau mit der Brinellschen überein. Der einzige Vorteil besteht darin, daß die Drucktiefe mit Kegeln, an dem Instrument selbst gemessen, der Druck auf das Holz auch während des Messens weiter ausgeübt wird, während bei der Brinellschen Probe wenn die Kugel entfernt wird, das Holz leicht zurückgeht, wie man dies ganz gut mit freiem Auge beobachten kann. Darin liegt jedoch keine große Differenz.

Präsident Hatt: Die in den Vereinigten Staaten übliche Methode besteht im Eindrücken einer Kugel ins Holz bis zur Hälfte ihres Durchmessers. Dabei kommen jedesmal 2 Kugelplatten gegeneinander und dies wirkt auf den Hebel der Probemaschine. Der Probefaktor wird durch das Gewicht gegeben, unter dem die Stahlkugel bis zum halben Durchmesser eingedrückt wird. Das ist ein guter Index für ein sehr wertvolles technologisches Maß des Holzes, nämlich für die Festigkeit, denn die Biegefestigkeit bis zum Bruch steht mit der Härte in enger Beziehung.

H. J. H. Woolson: Wie bestimmt man den Moment, in dem die Kugel zur Hälfte eingedrückt ist.

Präsident Hatt: Wenn die halbe Kugel ihre Einsenkung erreicht hat, gelangt die Kugelplatte bis auf eine andere solche Platte. Der hiedurch angewachsene Widerstand stellt den Maschinenhebel ab.

H. Prof. W. H. Warren: Meinen Sie mit Ihren Worten, daß die ganze Halbkugel tatsächlich im Holz eingebettet ist?

Präsident Hatt: Ja, die ganze Halbkugel.

H. Prof. Sh. Tanaka: Welchen Durchmesser hat die Kugel?

Präsident Hatt: 0.4 Zoll. — Wünscht noch jemand das Wort? Da nicht, schließe ich die Diskussion. Der nächste Bericht ist der der Dänischen Staatsprüfungsanstalt „Über Holzbiegeproben".*)

*) Siehe Seite 22.

Digitized by Google

Wünscht jemand zu diesem Bericht das Wort? Da dieser Wunsch nicht besteht, kommen wir zum letzten Bericht der heutigen Sitzung, zu dem von Prof. M. Rudeloff: „Über Holzprüfung".*)

Präsident Hatt: Der Bericht Rudeloffs behandelt die Frage der Notwendigkeit, Holzproben an größeren Stücken auszuführen und schließt mit der Empfehlung, einer Kommission die Frage der Untersuchung von Holz an größeren Stücken und auch die Nachprüfung der Formel des Prof. Tanaka zu übertragen. Ich betrachte dies hiemit als einen Antrag des H. Prof. Rudeloff und weise es dem Resolutions-Komitee zu. Will jemand den Bericht des H. Prof. Rudeloff diskutieren?

H. Prof. J. H. Woolson: Ich möchte den H. Präsidenten fragen, ob er vollkommen mit den gegenwärtigen Arbeiten der Regierung bezüglich Holzprüfung vertraut ist und ob er, da er einen Teil der Proben selbst geleitet hat, nicht eine feststehende Verfügung unserer Regierung gegenwärtig kennt, die fast gänzlich auf Versuchen an größeren Probestücken an Stelle der kleinen beruht. Stellt nicht unsere Geschichte über Holzproben sehr entscheidend die Tatsache fest, daß wir aus Sicherheitsgründen abgedrehte Probestäbe verwenden sollen?

Präsident Hatt: Als im Jahre 1902 das Bureau of Forestry der Vereinigten Staaten, Departement of Agriculture, das gegenwärtige Programm für Holzuntersuchungen unter meiner Leitung aufstellte, bestand die Notwendigkeit, die Festigkeit großer Holzstücke zu prüfen, teilweise um eine geeignete Spannungseinheit, teilweise aber auch, um passende Regeln für die Klassifizierung der Baumstämme festzustellen. Das Programm faßte auch die Überprüfung der allgemein für Wagenbestandteile angewendeten Klassifizierungsregeln ins Auge. Die Wirkung dieses Programms dürfte sich in einer Verringerung des Rundholzabfalles äußern. Es sollte auch die Wirkung verschiedener technologischer Prozesse auf die Festigkeit gezeigt werden.

Zu den verschiedenen Untersuchungen war es nötig, das wirklich zur Verwendung kommende Material heranzuziehen, und so wurde das gegenwärtig vorliegende Produkt verschiedenen Proben unterzogen, teils in Form von großen Brückenbäumen, teils von kleinen Wagenradspeichen.

Das althergebrachte Programm der Untersuchung an kleinen, den Stämmen des Waldes entnommenen Probestücken wurde nicht

*) Siehe Seite 22.

Digitized by Google

vernachlässigt, aber die Hauptbemühungen des Bureaus für Forstwesen sind auf die Befriedigung der unmittelbaren Bedürfnisse der Industrie gerichtet.

Derzeit sind zweifellos die Versuche an marktgängigen Erzeugnissen fast abgeschlossen und auch genügende Kenntnisse über die Festigkeit von großen Baumstämmen und ihren angeborenen Defekten gesammelt worden. Die zukünftige Tätigkeit des Bureaus wird sich daher hauptsächlich dahin beschränken, kleine Holzstücke, die den Waldbäumen entnommen wurden, einer Untersuchung zu unterwerfen, um den Förster bei der Waldkultur zu unterstützen und unser Wissen systematisch zu bereichern. Sollte sich aber ein technologisches Problem finden, dessen Lösung durch Untersuchungen von Erzeugnissen, z. B. von Fuhrwerksteilen, Teilen der Telegraphenstangen, Packschachteln etc. beschleunigt oder verbessert werden kann, dann hat dies das einzige Ziel, der Industrie zu helfen.

Mit Bezug auf die Frage der Untersuchung von Holz, das Waldbäumen entnommen wurde, um die Festigkeit des unter verschiedenen Bedingungen gewachsenen Holzes zu prüfen, möchte ich auf einen oft vergessenen Umstand hinweisen, nämlich den, daß unsere Wälder natürliche Wälder sind, wo die einzelnen Bäume, trotzdem sie neben einander wachsen, doch große Verschiedenheiten aufweisen. Es ist daher die Anwendung des alten Verfahrens auf unsere Wälder schwieriger, als bei Wäldern, die seit mehreren Generationen verwaltet werden und einen einheitlicheren Baumtypus aufweisen.

H. F. Cellerier: Gestatten Sie mir einige Bemerkungen in Bezug auf die vorgeschlagenen Anträge. Ich muß bemerken, daß die Versuchsmethoden im allgemeinen die Bestimmung von Konstanten zum Zweck haben, und zwar so weit als möglich an Hand von Proben, deren Abmessungen doch in einem gewissen Verhältnis zu diesem gesuchten Endzweck stehen, damit die erwachsenden Kosten sich nicht zu sehr erhöhen.

Es wäre selbstredend von Vorteil, wenn man in der Praxis Versuche mit ganzen Trägern durchführen würde, doch bieten solche hinsichtlich der Zurüstung gewisse Schwierigkeiten; es dürften nicht alle Laboratorien über die erforderlichen starken und teueren Maschinen verfügen. Überdies besteht ja auch eine wahrhaft ökonomische Frage darin, die Versuche mit verhältnismäßig kleinen Probestücken durchzuführen und es ist dann Sache der Ingenieure, zu verallgemeinern und möglichst allgemeine Schlüsse aus diesen kleinen Proben zu ziehen.

Digitized by Google

Aus diesen Gründen sollte die Frage der Aufstellung von Versuchen mit großen Stücken vorderhand an das Resolutionskomitee zum Zwecke weiterer Studien über die Art ihrer Behandlung verwiesen werden, da sie noch nicht hinreichend präzisiert erscheint.

Präsident Hatt: Wünscht noch jemand das Wort zum Bericht Rudeloffs? Es ist nicht der Fall. Wir sind daher am Ende der heutigen Tagesordnung.

Der Präsident schließt nach der Verlesung einiger Änderungen in der Zusammensetzung des Resolutionskomitees die Sitzung um 10 Uhr 55 Min. vormittags.

Donnerstag, den 5. September 1912, vormittags.

Präsident Merriman eröffnet die Sitzung um 9 Uhr 25 Min. vormittags.

Präsident Merriman: Den ersten Bericht der heutigen Vormittagssitzung bildet der Bericht von H. Clarence Hall: „Die Notwendigkeit derBenützung gleichförmiger Verfahren bei der Prüfung von Sprengstoffen" ($XXVII_3$).

(Der Bericht bespricht an Hand von Versuchen die Faktoren [ob der Sprengstoff gepackt oder ungepackt, mit Kohlenstaubzusatz oder mit Gaszusatz verwendet wird, Größe der Versuchskanone etc.], die das Ergebnis der Prüfung von Sprengstoffen für Kohlenminen beeinflussen, und zeigt, welche großen Unterschiede in der Beurteilung eines Sprengstoffes bei der Prüfung an verschiedenen Prüfstellen erhalten werden. Der Autor beschreibt die Prüfstelle des Bureau of Mines in Pittsburg und tritt für Vereinheitlichung der Apparate und Methoden ein. Er erörtert schließlich die in den U. S. A. maßgebenden Gesichtspunkte für Wahl der Sprengstoffe, Zündmittel und Detonatoren.)

Präsident Merriman: Da Herr Hall nicht anwesend ist, wollen wir die Verhandlung über seinen Bericht auf den Sitzungsschluß verschieben. Als nächster kommt der Bericht von H. E. O. Sachs: „Die Feuersicherheit von Beton und Eisenbeton" ($XXVII_1$) zur Vorlage:

(Im Berichte ist eine Übersicht über die Art und Anlage der Versuche gegeben, die das Br. Fire Prevention Committee seit 1899 zu dem Zwecke durchgeführt hat, um zuverlässige Grundlagen über die wirkliche Feuersicherheit der verschiedenen Baustoffe und Konstruktionsweisen zu gewinnen und genaue Einzelheiten bezüglich Feuerverhütung, Feuermeldung und Feuerlöschung festzustellen. Der Bericht schließt mit folgenden Anträgen:

I. „Es empfiehlt sich, bei künftigen Festigkeitsuntersuchungen von Beton und Eisenbeton, wie er in Bauwerken zur Verwendung kommt, zuverlässige Unter-

Digitized by Google

lagen über die Wirkung von Feuer auf diese Baustoffe bei hohen und bei mäßigen Temperaturen zu gewinnen."

II. „Hinsichtlich der gewünschten Unterlagen handelt es sich insbesondere um:

1. a) den Verlust an Festigkeit während der Erhitzung,

b) den Verlust an Festigkeit nach der Erhitzung [und zwar sowohl bei schneller Abkühlung als bei natürlicher Abkühlung],

2. a) den Wert verschiedener Zuschlagstoffe und verschiedener Mischungsverhältnisse von Portlandzement und Zuschlagstoff,

b) den Wert verschiedener Arten der Bewehrung."

III. „Zur Erlangung dieser Unterlagen sollen in den verschiedenen Ländern soweit wie möglich auf gemeinsamer Basis Versuche vorbereitet werden, und zwar unter Zugrundelegung der ‚Allgemeinen Normen' des British Fire Prevention Committee für Prüfungen auf Feuerbeständigkeit. Diese Normen sind auf einem Internationalen Kongreß im Jahre 1903 angenommen worden und sollen, soweit es ausführbar ist, als Grundlage für die Prüfungsbedingungen dienen. Jene Bedingungen sind auch in ausgedehntem Maße bei den Versuchen der Prüfungsstation der Columbia-Universität in New-York und anderswo zur Anwendung gebracht."

IV. „Der Vorstand des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik setzt einen Unterausschuß (unter Gruppe 2, Zement, Beton etc.] ein mit dem Auftrage, alle Fragen zu behandeln, die sich aus dem Vorerwähnten ergeben, und unter der Bezeichnung ‚Unterausschuß für die Feuersicherheit von Beton und Eisenbeton'. Dieser Unterausschuß wird ersucht, auf dem nächsten Kongreß Bericht zu erstatten.")

H. Prof. M. Panetti legt den Bericht vor und schließt daran folgende Diskussion: Bei Gelegenheit der Berichte über die Feuerbeständigkeit mache ich den Vorschlag, daß unser Verband neben diesem Problem oder auch separat die Frage der Widerstandsfähigkeit von Konstruktionen gegen Erdbeben-Wirkungen behandeln möge. Das Problem kann von drei Gesichtspunkten aus betrachtet werden: von der mathematischen Seite, die die Methoden aufzufinden sucht, um die durch Erdbewegungen hervorgerufenen Kräfte zu berechnen; von experimenteller Seite, die auf Erprobung der Materialien beruht und auf Versuchen mit Modellen (wie dies in Japan praktiziert wird), unter Benützung von Apparaten, die die Erdbewegungen wiedergeben; von praktischer Seite der Auswahl und Kombination jener Materialien, die die vorteilhaftesten Lösungen zu liefern vermögen.

In Italien haben die katastrophalen Ereignisse des Jahres 1908 insbesondere die Studien nach der theoretischen Seite hin gefördert. Man begann mit der Beobachtung der den Massen proportionalen Kräfte, indem man als Koeffizienten die größte Beschleunigung der Erdbewegung annahm, was der Voraussetzung entspricht, daß sich

Digitized by Google

diese, ohne ihren Wert zu verändern, übertragen könne. Die königlich italienische Kommission unter dem Vorsitze des Herrn Maganzini, die beauftragt war, Vorschläge für die Grundsätze bei neuen Konstruktionen in den durch Erdbeben heimgesuchten Ländern auszuarbeiten, hatte einen Fortschritt zu verzeichnen. Er besteht in der Feststellung einer fiktiven Beschleunigung, deren statische Wirkung derselben Schwerkraft entsprechen würde wie die tatsächliche Wirkung des Erdbebens. Bestimmt wird diese Beschleunigung, indem man in den zur direkten Berechnung dienenden Formeln die Größen jener Gebäude einführt, die die Erdbebenwirkung gut oder wenigstens hinreichend ausgehalten haben.

Aus diesen Hypothesen ergeben sich zwei Schlüsse: erstens der genau berechenbare, daß es von Vorteil ist, die statische Wirkung der Konstruktionen in einem Gerippe mit vollständig festen Verbindungen zu konzentrieren; zweitens ein Schluß, der nicht sicher feststeht, daß nämlich die vollkommenste Lösung jene wäre, die die größte Starrheit dieses Gerippes vorsehen würde, d. h. also eine solche, bei welcher die Seitenwände und Böden eine solche konstruktive Einheit darstellen würden, daß sich die gegenüberliegenden Rippen des Gebälkes eines Hauses verhalten, wie das Gerippe eines Trägers, dessen Höhe ihrem Abstand gleichkommt.

Nun zeigen aber die Erscheinungen der spezifischen Schlagarbeit, daß die Kräfte, die entstehen, um so größer sind, je kleiner die Formveränderungen der Körper sind, und diese Eigenschaft steht mit dem zweiten der oben angeführten Schlüsse keineswegs im Einklang.

Einem angesehenen Turiner Ingenieur, Herrn Danusso, ist es gelungen, eine dynamische Theorie der Stabilität gegenüber seismischen Wirkungen aufzustellen, indem er dabei das Problem starker Schwingungen von Punkten, die elastischen Kräften unterworfen werden, anwendete.

Die Masse der Punkte ist die Masse der Böden und der Mauern, die man im Niveau der Böden selbst konzentriert; die elastische Kraft ist jene, die sich in den vertikalen Wänden des Gebälkes durch die Wirkung der Deformation entwickelt.

Das Ergebnis dieser Theorie besteht in der Tatsache, daß das Maß der zerstörenden Wirkung einer Erschütterung nicht durch den größten Wert der Beschleunigung gegeben wäre, sondern durch das Verhältnis zwischen der Schwingungszeit der Erdschwingungen und jener der Schwingungen des Hauses selbst. Infolgedessen erscheint es

Digitized by Google

empfehlenswert, die Starrheit zu begrenzen, da durch sie die eigenen Schwingungen an Schnelligkeit zunehmen.

Die königlich italienische Kommission hat derzeit ihre Studien wieder aufgenommen, um eine Klassifizierung der wichtigsten Gebäudetypen zu schaffen, und zwar von dem Gesichtspunkte der Mitwirkung der horizontalen und vertikalen Wände eines erdbebensicheren Gerippes, und um ferner auch die Deformierbarkeit jeder einzelnen Type ziffermäßig zu bestimmen. Die Kommission beabsichtigt aber nicht, sich darüber auszusprechen, welchen der verschiedenen, in Anwendung stehenden Materialien je nach ihrer Verwendbarkeit für die Lösung des Problems der Vorzug zu geben ist, weil man es für notwendig hält, den Konstrukteuren unter der Bedingung, daß die wesentlichsten Grundsätze beobachtet werden, die größtmöglichste Freiheit in der Wahl des Materiales zu lassen.

Aus diesem Grunde halte ich es auch für richtiger, diesen Gegenstand bei Gelegenheit der Diskussion über das Problem der Feuerbeständigkeit zu erörtern, anstatt gelegentlich der Probleme der Statik des armierten Betons; denn man kann das erdbebensichere Gerippe, von dem ich sprach, ebensogut aus ganz anderem Material und vielleicht mit demselben Erfolg herstellen.

Ich schließe mit dem Wunsche, daß der Verband dieses Problem unter den verschiedenen Gesichtspunkten betrachten möge.

Präsident Merriman schließt, da sich niemand mehr zum Worte meldet, die Diskussion und geht zum Berichte der Herren J. H. Woolson und R. P. Miller: „Brandproben mit Deckenkonstruktionen, durchgeführt in den Vereinigten Staaten" ($XXVII_2$) über.

(Der Bericht gibt einen Überblick über die Entwicklung und Ausdehnung, die die Brandproben mit Baukonstruktionen in den Vereinigten Staaten genommen haben, bespricht die wichtigsten Versuchsstationen und schließt mit einer Zusammenstellung der Ergebnisse der mit Deckenkonstruktionen durchgeführten Brandproben. [Die Tabellen zu dem Berichte wurden am Kongresse selbst verteilt und nachträglich gedruckt an die Mitglieder des Verbandes versendet.])

H. J. H. Woolson legt den Bericht vor und schließt als Ergebnis der zahlreichen Versuche mit folgender Zusammenfassung:

1. Steinzeug- oder Eisenbetondecken bieten, wenn sie gut konstruiert sind, ausreichenden Schutz gegen den Angriff eines gewöhnlichen Feuers.

Digitized by Google

2. Die Eiseneinlagen bei Deckenplatten sollen mindestens 1 Zoll von der Unterkante der Decke entfernt sein, bei Rippen ungefähr 1½ Zoll und bei Unterzügen 2 Zoll.

3. Eisenträger können durch eine sauber aufgebrachte feuersichere Schutzschichte von ungefähr 1½—2 Zoll Stärke vor dem Angriff eines gewöhnlichen Feuers geschützt werden.

4. Bei Steinzeugdecken wird durch die Ausdehnung bei hohen Temperaturen ein beträchtlicher Teil der untersten Ziegelwand zerstört. Es ist daher wünschenswert, daß die Ziegel zwei oder besser drei innere horizontale Stege besitzen, um die Starrheit des Ganzen zu sichern.

5. Der gewöhnlich in der Umgebung von New-York sich vorfindende Trappstein stellt sich als der beste feuersichere Zuschlagstoff für Beton dar; er ist dem Kalkstein oder Quarz überlegen.

6. Beton, dem reine Asche von Anthrazit-Kohle im Verhältnis 1 Gewichtsteil Zement, 2 Teile Sand und 5 Teile Asche beigesetzt ist, stellt ein außergewöhnlich feuersicheres Material dar. Erwähnt sei übrigens noch, daß Aschenbeton wesentlich unter seiner großen Porosität leidet, da man die Erfahrung machte, daß das bei Bränden durch die Aschenbetondecke durchdringende Löschwasser mehr Schaden anrichtet, als das Feuer selbst.

7. Die großen Sprünge, welche man bei Einwirkung von Feuer auf Eisenbetondecken bemerkt, entstehen durch die rasche Verdampfung des in den Poren des Betons befindlichen Wassers. Wenn der Beton Zeit hat, vollständig auszutrocknen, bevor das Feuer angreifen kann, wird die Gefahr der Rißbildung stark vermindert.

8. Diese Versuche haben die feuersicheren Eigenschaften des Betons in einer Weise nachgewiesen, daß die Notwendigkeit der Vornahme einer Brandprobe an irgendeiner neuen Konstruktionsform für Betondecken stark vermindert wird, sofern die Eiseneinlagen derartig gelegt sind, daß ihre Tragkraft rasch durchgeprüft werden kann.

Präsident Merriman fragt, ob diese Zusammenfassung bereits in Druck erschienen ist.

H. J. H. Woolsen verneint dies und erklärt sich bereit, diese in Schreibmaschinenschrift zu vervielfältigen.

Präsident Merriman eröffnet die Diskussion.

H. Mont. Schuyler: Ich möchte gerne Professor Woolson fragen, ob er in mit Schlackenzusatz hergestelltem Eisenbeton Zerstörung infolge zu starker Wärme-Expansion wahrgenommen hat. In St. Louis

Digitized by Google

verwendet die Schulbehörde Eisenbeton zum Bau der Schulgebäude, wobei sie ein flaches Dach aus Eisenbeton mit einer Schlackenbeton-einlage zur Entwässerung verwendet.

Infolge der Hitze wurde an außergewöhnlich heißen Tagen mehreremale die Aschen-Eisenbeton-Zylindereinlage derart ausgedehnt, daß die Feuermauern verschoben wurden und man zu deren Neuaufbau gezwungen war. In einem von mir untersuchten Falle hatte diese Expansion auf eine Länge von kaum 100 Fuß mehr als 3 Zoll betragen. Vielleicht wurden alle Untersuchungen Professor Woolsons auf kleinen isolierten Gebäuden vorgenommen, wo diese Wärme-Expansion nicht gemessen wurde.

Präsident Merriman: Der Sekretär des Verbandes ersucht mich, Ihnen mitzuteilen, daß die hier verteilten Tabellen des Berichtes zu spät einlangten, um noch vor dem Kongresse versandt zu werden. Sie werden nachträglich in den Mitteilungen erscheinen. Damit die Herren der Sektion nur einen kleinen Begriff erhalten von der Arbeit, die auf diese Blätter verwendet wurde, möchte ich nur bemerken, daß die totale Länge derselben 14 Fuß beträgt.

H. J. H. Woolson: Herr Präsident, ich will jetzt auf die Frage bezüglich der Expansion von erhitztem Aschenbeton antworten. Soweit meine Beobachtungen reichen, haben wir eine ungewöhnliche Expansion des Aschenbetons nicht wahrgenommen. Ich möchte sogar behaupten, daß dieses Material wegen seiner Porosität weniger expandiert als anderer Beton. Er dürfte nachgeben und Mauern weniger leicht umwerfen, als ein mit Stein hergestellter Beton dies unter der Wirkung seiner Expansivkraft tun würde. Ich würde gerne erfahren, ob der Aschenbeton oder das bei der Dachkonstruktion verwendete Metall diese zerstörende Wirkung gehabt hat; doch auch im letzteren Falle ist eine Expansion von 3 Zoll auf 100 Fuß eine für eine Dachkonstruktion ganz enorme Expansion. Ich könnte keinen Grund dafür angeben. Wir haben keinerlei Erfahrung dieser Art.

H. E. A. Barrier: Ich möchte gerne Herrn Professor Woolson fragen, auf welche Weise er in Erfahrung brachte, daß Beton aus Kalkstein weniger wertvoll sei als Beton aus Trappstein. Es gibt sehr viele Partien des Landes, wo Trappstein („trap rock") kaum gewonnen werden kann.

Ich habe einen Gebäudebrand in Rockford, Illinois, in Erinnerung, wo ein mit Kalkstein hergestellter Beton in Verwendung war, und trotz des sehr heftigen Feuerangriffes war nicht zu bemerken, daß

Digitized by Google

der Kalkstein irgendeine schädliche Rolle bei dem in Mitleidenschaft gezogenen Beton gespielt hätte.

H. J. H. Woolson bittet Herrn Miller, diese Frage zu beantworten.

H. R. P. Miller: Die Mitteilungen des Herrn Vorredners werden durch unsere eigenen Erfahrungen in der City bestätigt. Die Versuche des Bau-Departements dieser Stadt zeigen, daß, wenn die Hitze 1000° F, (540° C), übersteigt, der Kalkstein kalziniert. Wir hatten drei Gelegenheiten, das Verhalten des Kalkes im Beton unter Feuer zu prüfen: die eine bot eine Fußbodenkonstruktion großer Spannweite, bei der der verwendete Stein nicht sorgfältig ausgesucht worden war; nach der Erprobung wurde gefunden, daß er im Verhältnis zuviel Kalk enthielt. Vor einigen Jahren hatten wir einen zweiten Fall; in diesem war wirklicher Kalkstein verwendet worden, trotzdem zeigten sich dieselben Resultate. Der interessanteste Fall war aber wahrscheinlich jener, wo die Wände des Versuchsobjektes aus Beton bestanden. Als die Mauern bereits bis zur halben Höhe aufgebaut waren, wurde entdeckt, daß der Stein, der zum Beton verwendet worden war, Kalkstein war; dann aber wurde der Stein gewechselt und Trapp für den Rest des Baues verwendet. Das Resultat ist dadurch so außerordentlich interessant, daß sich zeigte, daß der Kalkstein unter der Hitze ganz entschieden nachgegeben hat, während der Trappstein in ganz gleichem Zustande geblieben ist wie früher. Professor Woolson besitzt eine Photographie davon und ich bin überzeugt, daß er sie gerne jedem zeigen wird, der sich dafür interessiert.

H. J. H. Woolson: In Beantwortung eines vom Vorredner erwähnten Punktes — er erwähnt, daß bei einem Brand in Rockford, Illinois, kein Beweis dafür zu finden war, daß Kalkstein die Zerstörung des Betons verursachte. Das ist sehr wahrscheinlich. Die Art des Steines dürfte wahrscheinlich keinen Einfluß auf die Zerstörung gehabt haben. Diese rührte unzweifelhaft davon her, daß das in dem Beton enthaltene Wasser durch das plötzliche Erhitzen zu Dampf expandierte; dies bildet die wesentliche Ursache der Zerstörung. Die schädliche Wirkung des Kalksteines im Beton, wenn dieser dem Feuer ausgesetzt wird, besteht in dem Abspringen einzelner Steinstücke, sofern die Temperatur hoch genug ist, um das Kalzinieren zu verursachen und als Folge davon die Zersetzung des zwischen ihnen verteilten Zementmörtels herbeizuführen.

Digitized by Google

H. E. Camerman: Die beiden Ansichten lassen sich, wie ich glaube, dahin zusammenfassen, daß der Kalkstein ebenso dem Feuer widersteht wie die anderen Steine, sofern die Temperatur 820° bis 850° durch eine entsprechend lange Zeit nicht überschreitet. 820°—850° ist die Temperatur der Zersetzung des kohlensauren Kalkes und der Bildung von Kohlensäure, und bei genügend langem Anhalten dieser Temperatur bewirkt die sich bildende Kohlensäure die Zerstörung der Mauersteine.

H. J. H. Woolson: Das ist richtig. Es ist dies jedoch nur eine an der Oberfläche sich geltendmachende Wirkung.

H. E. Camerman: Wir sind also in voller Übereinstimmung. Es ist klar, daß in dem Falle, als sich viel Wasser im Gestein befindet, dieses durch die plötzliche Dampfbildung die Zerstörung herbeiführt, wenn aber eine Mauer, die aus Kalkstein besteht, einem heftigen Feuer ausgesetzt wird, sie kalziniert wird. Es wird eigentlich Kalk erzeugt.

H. J. H. Woolson: Das letztere bezieht sich jedoch nur auf die Oberfläche. Nur diese wird ganz zu Kalk gebrannt.

H. F. Cellerier: Es sind zwei Sachen zu unterscheiden: einerseits hygroskopische Stoffe, das sind solche, die Wasser absorbieren, die, sobald sie erhitzt werden, explodieren; andererseits kalkhaltige Stoffe, die sich, wie Herr Camerman bemerkt hat, bei 820°—850° zersetzen. In dem von den Herren Miller und Woolson erwähnten ersten Falle wurden wahrscheinlich hygroskopische Stoffe angewendet und lag darin der Grund der Zerstörung.

Präsident Merriman bittet die Herren Woolson und Miller um das Schlußwort. (Sie verzichten darauf.) Er dankt den beiden Autoren. Der nächste Bericht lautet: „Über die praktische Bestimmung der Viskosität (Zähigkeit) von Ölen" (XXI_2) von L. Fea.

(Der Bericht führt zahlreiche, mit verschiedenen Ölqualitäten [für Schiffsmaschinenschmierung] nach verschiedenen Methoden nach den Grundsätzen Petroff's mit Maschinen von Goodmann und Dettmar, nach den Grundsätzen Poiseuille's mit Viskosimetern von Pagliani und Engler] zur Bestimmung der Viskosität durchgeführte Proben und zieht aus ihnen folgende Schlüsse:

1. Die mit der Goodmannschen Maschine erzielten Resultate sind die vollständigsten, weil das Versuchsfeld in den weitesten Grenzen verändert werden kann. Wenn auch dieser Apparat eine direkte absolute Wertbestimmung der Viskosität nicht ermöglicht, so können doch die betreffenden Resultate als einer absoluten Messung gleichwertig bezeichnet werden, da sie an die Viskosität durch ein konstantes Lineargesetz gebunden sind.

Digitized by Google

2. Die mit dem Apparat von Dettmar erzielbaren Angaben gestatten einen raschen Vergleich der Viskositäten verschiedener Öle, ohne jedoch den absoluten Wert zu bestimmen. Die derart gefundenen Werte sind durch keinerlei konstantes Gesetz an die Reibungskoeffizienten gebunden.

3. Das Viskosimeter von Pagliani, welcher das absolute Maß der Viskosität liefert, und jenes von Engler, das nur ein relatives Maß gibt, führen beide zu übereinstimmenden Resultaten; es besteht zwischen denselben ein lineares Verhältnis.

4. Die Probeergebnisse bestätigen nochmals, daß bei gleicher peripherischer (Umfangs-)Geschwindigkeit und gleichem Druck der Reibungskoeffizient eine lineare Funktion der Viskosität ist.)

Präsident Merriman verschiebt die Verhandlung des Berichtes, da der Autor nicht anwesend ist, auf den Schluß der Sitzung und geht zum folgenden Bericht über: „Versuche mit Zylinderölen für überhitzten Dampf" (XXI_1) von E. Camerman.

(In dem Berichte werden die wesentlichsten Eigenschaften von Ölen für überhitzten Dampf in acht Punkten zusammengefaßt sowie die Methoden angegeben, nach denen diese Eigenschaften festzustellen sind. Zur praktischen Qualitätsprüfung eignet sich die Maschine des Herrn Direktor Martens bestens, doch kann man bei ihr leider nicht über eine Temperatur von 125° C gehen. Die größte Erhitzung bei Anwendung überhitzten Dampfes zeigt sich zwischen Kolbenstange und Zylinderstopfbüchse.)

H. E. Camerman: Ich möchte nur auf die Bedeutung meiner Mitteilungen hinweisen, weil bei dem heutigen Stand unserer Kenntnisse die Öle für überhitzten Dampf immer noch auf den guten Glauben hin gekauft werden müssen und wir, soweit ich darüber informiert bin, keine ganz wissenschaftlichen Mittel haben, um ihre Qualität zu bestimmen.

Wir können wohl eine Anzahl von physikalischen und chemischen Proben durchführen, um die Identität eines Öles mit einem anderen zu konstatieren, es ist uns aber meines Erachtens nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse unmöglich, nach den Ergebnissen der physikalischen oder chemischen Versuche zu sagen, ob ein Öl gute Dienste leisten wird.

Ich bin zu dem Schlusse gekommen, daß der einzige vernünftige Vorgang darin besteht, praktisch zu erproben, ob ein bestimmtes Öl den Anforderungen entspricht, dieses Öl dann als Type für Vergleiche aufzustellen und die Versuche darauf einzurichten, daß bestimmt wird, ob die gelieferten Öle dieser Type gleichkommen.

In meinem Artikel habe ich eine Anzahl der Bedingungen aufgezählt, deren Erfüllung wünschenswert erscheinen würde. Vor allem ist es bezüglich des Grades der Überhitzung notwendig, mittels eines

Digitized by Google

für den Dampf bei der Überhitzungstemperatur zugänglichen Apparates zu untersuchen, welches Ölquantum bei dieser Temperatur flüssig bleibt.

Ich habe diesen Apparat auf dem Kopenhagener Kongreß beschrieben.

Ich will nicht weiter von den übrigen Eigenschaften wie Viskosität, etc., sprechen, da ich dieselben in meinem Artikel hinreichend beschrieben habe.

Nur hinweisen möchte ich auf die Notwendigkeit oder zumindest auf die große Nützlichkeit der Durchführung praktischer Versuche. Ich bediene mich zu diesem Zweck einer von Martens, dem Direktor des Laboratoriums in Groß-Lichterfelde erfundenen, oder richtiger vervollkommneten Maschine. Diese Maschine stellt im großen und ganzen eine Vervollkommnung der Thurston-Maschine dar.

Sie besteht aus einer Achse und einem Lager; an dem Lager ist ein Pendel angebracht, dessen Ende die Gradeinteilung eines Kardan durchläuft; wenn sich die Achse dreht, so nimmt sie das Lager mit dem Pendel mit.

Je intensiver die Reibung, desto bedeutender die Mitnahme und Abweichung des Pendels. Die Abweichungen des Pendels liefern ein genaues Bild der Reibung.

Das beigegebene Diagramm zeigt für jeden Moment des Versuches die Veränderungen der Temperatur und des Koeffizienten.

Bei einem bestimmten Moment bleibt die Temperatur ebenso wie der Reibungskoeffizient konstant.

Wir nennen diese Temperatur: Normaltemperatur.

Die Linie wird gerade und horizontal bleiben, sofern man das Öl nicht ändert.

Die Höhe der Linie zeigt den Wert des Öles.

Wenn ich nun für die Durchführung dieses Versuches ein Zylinderöl als Normalöl nehme und es mit einem anderen zweifelhaften Öl vergleichen will, so führe ich, sobald die Normaltemperatur erreicht ist, das zu prüfende Öl in das Lager ein, und sobald dasselbe weniger gut ist, wird sich die Temperatur erhöhen und die Kurve der Reibungskoeffizienten steigen.

Sobald nun der Schmierapparat geleert ist, führe ich wieder das erste Öl ein, die Kurve nimmt wieder die frühere Richtung an und es ist bewiesen, daß das erste Öl das zweite an Güte übertrifft.

Zur Kontrolle führe ich wieder das zweite Öl ein, die Temperatur steigt wieder, das Pendel hebt sich.

Digitized by Google

Ich vermag zu Kontrollzwecken den Versuch noch beliebig lang fortzusetzen.

Man kann diesen Versuch nicht nur mit Ölen für gewöhnliche Temperatur durchführen, sondern auch mit solchen, die für Überhitzung bestimmt sind, indem man das Innere der Achse durch Dampf unter Druck erwärmt.

Ich gehe nur bis zu einer Temperatur von 125° Zentigraden. Es wäre wünschenswert, eine noch höhere Temperatur zu erreichen, doch riskiert man dabei, das gute Funktionieren des Apparates, der sehr empfindlich ist, zu beeinträchtigen.

Präsident Merriman eröffnet die Diskussion.

H. A. Jacobsen: Ich wollte nur die Frage stellen, ob der Dampf bis zur Schmierfläche gelangen kann.

H. E. Camerman: Der Einwurf des Herrn Jacobson ist insofern begründet, als man nicht genau das nachmacht, was im Zylinder vorgeht, aber die Schmierung eines Zylinders zerfällt in drei Hauptteile: die Schmierung des Dampfverteilungsschiebers, des Kolbens und der Kolbenstange in der Stopfbüchse.

Die großen Reibungen finden nicht bei den ersten zwei Organen statt, die ausgeglichen und geführt sind.

Heißlaufen tritt zumeist bei der Stopfbüchse ein, die einen sehr starken Druck auf die Kolbenstange ausübt. Und diese Reibung bildet die Versuchsmaschine ganz getreu nach, denn es ist nicht zu übersehen, daß man sowohl die Geschwindigkeit wie auch den Druck der Achse auf das Lager verändern kann.

H. A. Jacobsen: Aber das ist nicht der Fall, sobald der Dampf mit Öl in Berührung ist. Es bildet sich eine Emulsion, und das ist von der größten Bedeutung für die Zylinder. Ein Öl, das für die Stopfbüchse gut ist, ist vielleicht nicht so gut im Zylinder, und ein anderes, das für die Stopfbüchse nicht so gut ist, ist vielleicht viel besser im Zylinder. Es kommt nur auf die Emulsion an. Daher meine ich eigentlich, daß der Versuch nur für die äußeren Teile brauchbar ist, nicht für die Zylinder; denn hier mischen sich der Dampf und das Öl direkt. Eine andere Frage ist folgende:

Sie sagen, starke Viskosität bei verhältnismäßig niedriger Temperatur ist im allgemeinen auf die schlecht schmierenden Paraffinarten zurückzuführen, deren Vorkommen vermieden werden soll. Ich möchte sehr gern wissen, was sie mit „niedriger Temperatur" meinen. Eine von den berühmtesten Ölen, die wir in Europa gebrauchen, ist

Digitized by Google

ein Öl, das eine Viskosität bei 50° C von 51·4 hat; bei 150° C 2·0. Ein anderes Öl hat bei denselben Temperaturen 93·0 und 4·6. Ist das etwa eine zu hohe Viskosität?

H. E. Camerman: Ich halte sie für gut.

H. A. Jacobsen: Wie ist das mit Ihrer Behauptung, daß Sie starke Viskositäten bei niederen Temperaturen als ungünstig betrachten, in Einklang zu bringen?

H. E. Camerman: Man soll nach meiner Ansicht Schmierölen mißtrauen, die bei niederer Temperatur eine große und bei hoher Temperatur eine geringe Viskosität haben. Ihr Öl hat bei hoher Temperatur eine große Viskosität.

H. A. Jacobsen: Es scheint, daß diese Viskosität in einem bestimmten Verhältnis zur Destillation steht. Wenn ich über Destillation spreche, so ist dabei der belgische Apparat gemeint. Mit diesem bestimmt man die Mengen von Öl, welche mit dem überhitzten Dampf ohne zu schmieren übergehen. Hierbei habe ich gesehen, daß ein bestimmtes Öl ein Destillat bei 300° C von 24% ergibt, ein anderes ein Destillat von nur 13·8%. Das ist ein sehr großer Unterschied, den man aber nur dahin auslegen kann, daß dieses Öl besser ist als das andere. Ich glaube, daß der Apparat von H. Camerman eigentlich das Beste ist, was man derzeit hat, aber es fehlt doch noch etwas darin. Wir haben gesehen, daß ein Öl im Gebrauch oxydiert und es wäre sehr wünschenswert, einen Apparat zu haben, um die Stufen der Oxydation zu bestimmen, und ich hoffe, daß die Herren vielleicht ihren Apparat verbessern werden, so daß man auch das sehen kann. Ich habe versucht, zu bestimmen, ob man mehr oder weniger Asphalt in dem Öl vor oder nach der Destillation hat. Ich habe zu diesem Zweck einige Asphaltbestimmungen gemacht, ehe die Destillation anfing und am Schlusse derselben. Ich habe aber keinen großen Unterschied gesehen. Die Ursache dürfte darin liegen, daß diese Versuche nicht lange genug dauerten.

H. G. L. Fowler: Ich habe große Erfahrungen mit Schmierung von Lokomotiven, die überhitzten Dampf verwenden, doch es scheint mir nicht, als ob die in Behandlung stehenden Untersuchungen diese Frage berühren. Erstens arbeitet der Berichterstatter hier nur mit Temperaturen von 125° C, was zirka 225° F entspricht. Nun haben wir in den Zylindern unserer Lokomotiven Dampftemperaturen von zirka 650° F (340° C), so daß ein Öl, welches bei den erwähnten niedrigen Temperaturen vollkommen genügt, bei diesen hohen Temperaturen

Digitized by Google

ganz unbenützbar sein könnte, weil es sich zersetzen würde. Es würde einfach verschwinden und wir hätten überhaupt kein Schmiermittel.

H. E. Camerman: Auf dem Kopenhagener Kongreß habe ich einen Apparat beschrieben, der bei Überhitzungstemperaturen die Messung des Verhältnisses der flüssig gebliebenen, also nutzbaren Ölmenge zur vergasten, daher nicht wirksamen Ölmenge, ermöglicht. Die Beschreibung findet sich in den Kongreßschriften.

H. G. L. Fowler: Die in Rede stehende Qualitätsbestimmung des Öles scheint mir vollständig verschieden und abweichend von der Bestimmung des Reibungswiderstandes und der Schmierqualität des Öles, wie es für einen Zylinder, der mit überhitztem Dampf arbeitet, nötig ist. Ich bin sehr vorsichtig, bevor ich als Resultate anerkenne, welche anscheinend Resultierende sind. Das Richtige wäre es, nach meiner Meinung, das zu gebrauchende Öl einer Prüfung zu unterziehen, die seiner Verwendung entspricht; aber nicht irgendein Öl zu nehmen, das einer physikalischen Prüfung genügt, und dann zu sagen, daß es für einen bestimmten Zweck zu gebrauchen sein wird, bevor es für diesen Zweck verwendet wurde. Dies ist insbesondere unter so außerordentlich schweren Bedingungen nötig, wie sie bei überhitztem Dampf verlangt werden.

Die Reibungswiderstände, die für den Zylinder angegeben wurden, lassen sich mehr auf europäische Verhältnisse, als unsere eigenen anwenden. Wir pflegen hier nicht Führungsstangen für den Kolben und für die Ventile zu verwenden. Ich meine damit die Kolbenstangen, die am Ende des Zylinders und die Schieberstangen, die rückwärts aus dem Schieberraum herausgehen. Sie unterstützen den Kolben und unterstützen den Schieber und verringern natürlich den Reibungswiderstand. Soviel ich höre, ist diese Einrichtung im Auslande viel häufiger angewendet als bei uns.

Wir haben daher einen außerordentlich großen Reibungswiderstand zu überwinden, nicht nur am Schieber, sondern auch im Kolben, zum mindesten nehmen wir es so an. Ich weiß nicht ganz genau, wie groß dieser Reibungswiderstand ist und ich kenne auch niemanden, der es genau weiß. Ich kann nur sagen, daß ich an einigen Versuchen arbeite, welche genau bestimmen werden, wie groß der Reibungswiderstand eines Lokomotivschiebers im Betriebe ist, und zwar nicht bloß theoretisch im Laboratorium, sondern an einer tatsächlich in Betrieb befindlichen Lokomotive. Aber diese Versuche sind noch nicht voll-

Digitized by Google

endet und mir stehen noch keine Daten über diesen Gegenstand zur Verfügung.

Was den Reibungswiderstand der Stopfbüchse betrifft, so hat die nach abwärts gehende Richtung der Pleuelstange gar nichts damit zu tun, denn die nach abwärts gehende Druckkomponente der Pleuelstange wird von der Kreuzkopfführung aufgenommen, so daß die Stopfbüchse nur den Widerstand von dem Druck der Dichtungsringe, durch die die Stopfbüchse die Eigenschaft der Dampfdichte erhält, zu überwinden braucht.

Ich beabsichtigte, Herrn Camerman zu fragen, ob er Versuche mit direkt überhitztem Dampf gemacht und dabei Graphit verwendet hätte. Dies scheint noch ein vielversprechendes Gebiet zu sein, vorausgesetzt, daß der Graphit in den Zylinder langsam hineingebracht und dafür gesorgt wird, daß er sich nicht sofort im Öle setzt.

H. E. Camerman: Die Einwürfe des Herrn Fowler sind gewiß gerechtfertigt.

Es wäre gewiß wünschenswert, bei einer noch höheren Temperatur arbeiten zu können, mein Apparat ist aber für die hohe Temperatur von 346° nicht geeignet. Es kommt jedoch bei einer Temperatur von 125—135° die Viskosität derjenigen bei 250° so nahe, daß man annehmen kann, die praktischen Bedingungen hinreichend nachgeahmt zu haben, um über ein Öl urteilen zu können.

Die Frage des H. Fowler möchte ich dahin beantworten, daß, wenn man den besten, das ist den feinsten, reinsten und leichtesten Graphit dem Öle beimischt und man diese Graphitölmischung in einem Martens-Apparate unmittelbar nach reinem Öle prüft, man sofort sieht, daß das Lager und das Pendel schwer gehen, ein Beweis, daß die Reibung stark zugenommen hat und daß das Schmiermittel durch den Zusatz von Graphit schlechter geworden ist.

Für die Schmierung von Lagern ist es vielleicht gut, bloß einmal sehr feinen Graphit in das Öl zu versetzen. Er wird sich schließlich an den Wandungen des Lagers absetzen, deren Poren verlegen und die Wandungen glätten. Hierauf muß man aber unbedingt auf reines Öl zurückgehen. Vielleicht könnte man ebenso bei Zylindern verfahren, aber ich getraue mich nicht, es bestimmt zu behaupten.

H. A. Jacobsen: Herr Camerman hat gesagt, daß diese Prüfung nicht eigentlich der Schmierfähigkeit entspricht. Wir alle wissen sehr gut, daß man die Schmierfähigkeit nicht messen kann. Ich bin ganz derselben Meinung, zu der man in Belgien gekommen ist. Wir nehmen

Digitized by Google

ein Öl, welches sich gut im Betrieb bewährt hat und dann suchen wir die verschiedenen Konstanten und, wenn wir ein anderes Mal ein Öl finden mit denselben Konstanten, so schließen wir daraus auf die Brauchbarkeit des Öles. Dann kaufen wir einige Tonnen davon und versuchen es in der Praxis, und wenn alle Konstanten dieselben sind und die Ölprüfung gut überstanden ist, so können wir wohl sagen, daß wir ein gutes Öl gefunden haben. Wenn wir ein Öl kaufen wollen, müssen wir doch vorerst klare Bedingungen haben. In den meisten Fällen haben wir ein Öl auf Grund unseres Verfahrens gehabt, das gut war.

H. P. H. Conradson: Ich halte nicht dafür, daß die flüchtigen Teile, die mit dem überhitzten Dampf in Form von Öldämpfen aufsteigen, für die Schmierung als „verloren" betrachtet werden müssen. Ganz im Gegenteil, die Resultate von ausgedehnten Studien über das Schmieren von in Betrieb befindlichen Lokomotiv-Dampfzylindern sowie von Laboratoriumsversuchen haben klar bewiesen, daß ein bestimmtes Maß von flüchtigen Stoffen die Ölverteilung bedeutend förderte und das Schmieröl über die zu schmierenden Oberflächen des Schieberkastens und des Zylinders ausbreitete; und in der Tat besteht die moderne Praxis, welche die besten Resultate mit gesättigtem und überhitztem Dampf gibt, in diesem Lande (Ver. St. N. A.) darin, daß das Zylinderöl in die Dampfröhre oberhalb des Schieberkastens in einer sehr verkleinerten oder atomisierten Form eingelassen werde, um sozusagen den Dampf zu schmieren oder mit Öl zu imprägnieren, bevor er den Schieberraum und den Dampfzylinder erreicht.

Dieses Verfahren wird durch ein gewisses Maß von flüchtigen Öldämpfen, die in der Praxis bei überhitzten Dämpfen gefunden werden, sehr günstig beeinflußt. Der Autor weist auf den Nicholas-Apparat, der auf dem Kopenhagener Kongreß diskutiert wurde, hin (Mitteilungen Nr. 15, 10. Februar 1910), der dazu gebraucht wird, um die Quantität des Öles, das mit dem Dampf bei der Überhitzung flüchtig wird, zu bestimmen.

Während der Nicholas-Apparat, wie er in den erwähnten Mitteilungen beschrieben und abgebildet ist, wenn man dem vom Autor angegebenen Verfahren genau folgt, über die Ölmenge, die mit dem Dampfe bei einer bestimmten Dampftemperatur verflüchtigt wird, übereinstimmende Resultate gibt, kann ich nicht begreifen, wie es bei diesem Apparate möglich ist, die Menge der flüchtigen Teile des Öles, die mit dem Dampf bei der bestimmten Dampftemperatur in

Digitized by Google

Form von Öldämpfen abgeht, zu bestimmen. Es scheint mir, daß ein großer Teil der schweren Ölbestandteile mechanisch mit dem Dampf weitergetragen werden, und daß diese dann als flüchtige Teile (Dämpfe) betrachtet werden.

Es würde interessant sein, zu erfahren, ob der Autor einige Zahlen oder Angaben bei der Hand hat, die Prüfungsergebnisse von Originalölen zeigen, insbesondere jenen Teil des Öles, der im konischen Teil des Apparates zurückbleibt und der dann mit dem Dampf in den Kondensraum (Refrigerator) kommt und dort kondensiert wird.

Ich habe bei meinen erschöpfenden Untersuchungen einen Apparat konstruiert und gebraucht, der auf etwas anderen Prinzipien aufgebaut ist, als der von Nicholas, und finde, daß es sehr leicht ist, auch die schwersten Teile des Zylinderöles mit dem Dampfe, und zwar schon bei verhältnismäßig niedriger Temperatur und geringem Druck, durch längere Zeit mitzuschleppen, wenn das Öl in den Dampf auf dieselbe Weise eingeleitet wird, wie dies in dem Nicholas-Apparat geschieht.

Ich habe bedeutende praktische Erfahrung im Lokomotivbetrieb mit besonderen gereinigten Petroleumdestillaten, die einen Siedepunkt von zirka 410° F haben und flüchtige Bestandteile enthalten, die mit dem Dampfe bei Temperaturen, wie sie in Dampfkesseln üblich sind, abgehen. Das Öl wird in die Dampfkessel in Mengen von ungefähr einer Gallone für 100 Meilen eingeführt und dazu verwendet, die Bildung von Kesselstein an den Feuerboxplatten und den Kesselblechen zu verhindern. Wie schon gesagt, geht ein Teil dieses Öles mit dem Dampf in Form von Dämpfen ab und wo immer dieses Öl im Lokomotivdienst verwendet wurde, konnte man konstatieren, daß die Schmierung der Ventile und Zylinder viel besser vor sich geht und daß die Kolbenringe und die Zylinderpackungen viel weniger abgenützt worden sind. Mit anderen Worten, ein bestimmtes Maß von Öldämpfen, das sich mit dem gewöhnlichen Dampf vermischt, schmiert den Dampf und führt eine innere Schmierung herbei.

Zum überhitzten Dampf stehen diese Öldämpfe in demselben Verhältnis wie zum gesättigten Dampf. Wenn Sie den gesättigten Dampf überhitzen, so daß er vollkommen trocken wird, so verbleibt kein Schmierwert in dem trockenen Dampf (überhitzten Dampf), aber die Öldämpfe behalten bis zu einem bestimmten Grad ihre Schmierfähigkeit zurück.

Digitized by Google

Hier (auf eine Zeichnung an der Tafel weisend) sehen Sie den Zylinderkolben beim Beginne des Kolbenhubes, wo die Temperatur ihren höchsten Stand besitzt; sobald der Kolben sich längs des Zylinders bewegt, beginnt der Dampf zu expandieren und die Temperatur wird geringer, dann beginnt eine bestimmte Menge von Öl, das sich in der Form von Dämpfen mit dem Dampf vermischt hat, auf den Zylinderwänden niederzuschlagen und hilft so bedeutend bei der Schmierung.

In der europäischen Praxis, wo sie gewöhnlich mit sehr hohen Temperaturen (360° C oder noch höher) sowie mit verhältnismäßig kleinen Dampfgebläsen und Zylindern arbeiten, vollzieht sich wahrscheinlich gar keine Kondensation des Dampfes oder doch nur eine sehr geringe.

In der amerikanischen Praxis aber wird nicht zu so hohen Temperaturen überhitzt und bei unseren sehr großen Dampfgebläsen und Dampfzylindern wird wahrscheinlich während des Kolbenhubes eine sehr bedeutende Kondensation stattfinden; die Öldämpfe vermischen sich unter solchen Umständen mit dem Dampfe und werden naturgemäß vom Dampf nach allen Richtungen des Zylinders verstreut.

H. E. Camerman: Wenn Sie den Zylinder einer mit überhitztem Dampf arbeitenden Lokomotive mit Öl versehen, so wird dasselbe durch den Dampfstrahl mitgenommen und ein Teil des Öles verflüchtigt sich in Dampf und kann daher nicht schmieren.

Die Annahme des Vorredners wäre zutreffend, wenn man konstatieren könnte, daß der durch den Dampf in gasförmigen Zustand übergegangene Teil des Öles sich im Zylinder wieder kondensiert. Herr Conradson läßt die Hypothese zu, daß Kondensation des Öles im Dampf stattfindet und begründet sie damit, daß der Dampf (bzw. auch das Öl) einen sehr hohen Temperaturgrad besitzt, wenn er eintritt und daß die Temperatur sinkt, wenn der Dampf ausströmt.

Seine Hypothese gilt nur für den Fall von Dampfzylindern, die mit gesättigtem Dampfe betrieben werden, nicht aber für solche mit überhitztem Dampfe. Hiefür folgende zwei Beweise:

Das mit dem gesättigten Dampfe mitgerissene Öl kann sich auf den weniger heißen Wandungen, die der Dampf auf seinem Wege trifft, absetzen. Auf diesem Prinzipe beruhen die Ölseparatoren, in

Digitized by Google

denen sich das Öl auf eigens gestellten Flächen absetzt. Mit überhitztem Dampf funktionieren aber diese Ölseparatoren nicht; das Öl setzt sich nicht ab; der Ölseparator wird erst wirksam, wenn der Dampf in den Zustand der Sättigung überführt wird.

Zweiter Beweis: Folgender Versuch wurde in meinem Laboratorium durch H. Nicholas ausgeführt: Man läßt das Öl durch Dampf von 400° C mitreißen, und zwar in einem vertikalen Zylinder A, der 50 cm³ Öl faßt. Der mit Öl beschwerte Dampf geht nun in einen Zylinder B gleichen Volumens, wo eine Temperatur von 375° C herrscht, dann nach Zylinder C bei 350° C, dann nach Zylinder D bei 300° C, dann nach Zylinder E bei 150° C. Der Dampf läßt nirgends das Öl absetzen. Dieses bleibt im Wasserdampf und setzt sich mit diesem im Refrigerator ab, wo die Temperatur unter 100° C herabsinkt. Der Wasserdampf läßt also kein Öl absetzen, das er verflüchtigt hatte. Die Ablagerung von Öl erfolgt nur bei gesättigtem Dampfe.

H. P. H. Conradson: Diese Diskussion ist sehr wichtig und interessant. Der Unterschied zwischen den Anschauungen unserer Freunde aus dem Auslande und uns hat seine Begründung darin, daß die Lokomotiven in Europa verschieden von denjenigen Amerikas ausgeführt werden. Während daher die Theorien und Resultate dieser Herren für die europäische Praxis vollkommen korrekt erscheinen, stimmen sie mit den in diesem Lande gebräuchlichen Bedingungen nicht überein, und die günstige Erfahrung, die wir mit der Einführung von Zylinderöl in zerstäubter Form in das Dampfeinlaßrohr, bevor es den Schieberraum und die Zylinder erreicht, gewonnen haben, zeigen deutlich, daß das Verdampfen eines gewissen Ölquantums vorteilhaft ist.

H. A. Jacobsen: Es würde uns sehr freuen, wenn wir Ihre Ergebnisse haben und aus ihnen Neues lernen könnten. Und ich will noch etwas hinzufügen. Nach Herrn Conradson geht ein Teil des Öles in den Zylinder über, vielleicht nicht in Dampfform, sondern in ganz kleinen Partikeln. Das geschieht im Zylinder, aber nicht im Apparat von Herrn Camerman. Ich habe selbst gesehen, wenn man den Destillationsrest nochmals einer Probe unterwirft, so geht nur sehr wenig über, nicht einmal $\frac{1}{2}$%. Dabei kann man sehen, daß dieser kleine Teil nicht mehr durch Destillation, sondern dadurch entstanden ist, weil das Öl atomisiert ist, also sich in ganz kleinen Partikeln befindet, die herübergerissen werden.

Digitized by Google

H. P. H. Conradson: Die Darstellung, die Herr Camerman auf der Tafel gegeben hat, stellt nicht den Nicholas-Apparat dar, auf den sich meine Bemerkungen beziehen.

H. A. Jacobsen: Wir gebrauchen immer den Nicholas-Apparat.

H. P. H. Conradson: Mir ist nur jene Konstruktion bekannt, über welche in der Mitteilung vom 10. Februar 1910, Nr. 15, am Kopenhagener Kongreß referiert wurde. Die auf der Tafel hier dargestellte Skizze enthält einen ganz anderen Vorschlag.

Wenn die Herren sich für das Problem der überhitzten Dampfschmierung interessieren, würde es mir zum Vergnügen gereichen, Sie Dienstag vormittags um 10 Uhr auf der Columbia-Universität zu begrüßen. Vereinigung der Sektion I Analytische Chemie und Sektion V—c Brennstoffe und Asphalt, wo ich die Absicht habe, einen mit Abbildungen unterstützten Bericht über eine überhitzte Dampfvorrichtung zu geben, um die Menge der in Zylinder- und anderen Ölen enthaltenen flüchtigen Stoffen auf Grund von Prinzipien zu bestimmen, die von jenen des Nicholas-Apparates differieren.

Präsident Merriman schließt hierauf die Diskussion und geht zum nächsten Bericht von Dr. M. Albrecht: „Zur Frage der Ölprüfung" (XXI_3) über.

(Die vom Ausschusse IX des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik vorgelegten und von der Kommission 39 des Internationalen Verbandes veröffentlichten Grundsätze für die von Schmierölen, Leuchtölen, Gasöl, Putzöl, Benzin und Paraffin sind ungeändert geblieben. Die Bestimmung der im Alkoholäther unlöslichen Asphaltstoffe der Schmieröle ist noch in Erörterung. Vorschläge über Begriffsbestimmung des Bitumens liegen im Berichte von Holde und Marcusson vor. Zwischen dem Deutschen Ausschuß IX und der Internationalen Petroleumkommission wird zur Vermeidung von Gegensätzen ein Einvernehmen gepflogen. Auf der Wiener Hauptversammlung hat die Internationale Petroleumkommission einheitliche Prüfungsmethoden für Leuchtpetroleum, Benzin und Schmieröl vereinbart. Für die Flammpunktbestimmung dient der Abel-Pensky-Apparat. Am Schlusse berichtet Dr. Albrecht über die Arbeiten Ubbelohdes bezüglich Zähigkeit und Reibungskoeffizienten der Öle.)

Präsident Merriman: Da der Berichterstatter nicht anwesend ist, wird die Behandlung des Berichtes auf den Schluß verschoben. Ebenso der nächste Bericht von Dr. Max Albrecht, den er als Präsident der Kommission 39 (Aufstellung von Grundlagen der Lieferungsbedingungen für Öle für technische Zwecke) erstattet hat, lautend: „Antrag auf Auflösung der Ölkommission" (XXX_1).

Digitized by Google

(Da es bisher nicht möglich gewesen ist, die Kommissionsmitglieder zu einer Beratung zusammenzubringen, inzwischen eine Internationale Kommission für Vereinheitlichung der Untersuchung von Petroleumprodukten gegründet wurde, wird die Auflösung der Ölkommission beantragt.)

Präsident Merriman: Der letzte Bericht des heutigen Programmes ist der Bericht von A. Mesnager: „Über einen Vorschlag des Straßenkongresses auf Vereinheitlichung des Prüfungsverfahrens für Straßenbaumaterial" ($XXVI_1$) mit Anhängen verschiedener Herren.

(Der Autor legt die ihm von den Herren H. Burchartz und B. Stock, A. Hanisch, E. Camerman, H. I. Hannover, H. M. E. Tjaden, E. Fock und Skougard zugekommenen Berichte über die in Deutschland, Österreich, Belgien, Dänemark, Niederlande, Ungarn und Norwegen geltenden Vorschriften vor und schließt mit dem Antrage: „Der Vorstand wird ermächtigt, die auf Vereinheitlichung der Vorschriften für Straßenbaumaterial hinzielenden Arbeiten gemeinsam mit dem Exekutivbureau des Straßenkongreßverbandes durchzuführen.")

Präsident Merriman: Wir wollen, da auch Herr Mesnager fehlt, nunmehr die vorhin zurückgelegten Berichte der Reihe nach vornehmen. Als ersten den von C. Hall bezüglich Sprengstoffprüfung.*)

Sekretär Wilson gibt einen Auszug.

Präsident Merriman eröffnet die Diskussion.

H. F. Cellerier: Diese Frage der Regelung der Explosivkörper ist zweifellos wichtig, ich frage mich aber, ob sie in den Wirkungskreis des Internationalen Verbandes für Materialprüfungswesen gehört.

Soviel ich weiß, besitzt der Kongreß für angewandte Chemie eine Spezialkommission, die sich mit der Frage der Vereinheitlichung der Explosivversuchsmethoden befaßt.

Es scheint mir, daß dies ein besonderes, von den Versuchen mit Konstruktionsmaterial unabhängiges Prüfungsgebiet ist und wenn ich auch der sehr interessanten Arbeit des Herrn Redners den größten Respekt entgegenbringe, glaube ich doch, daß wir die Verweisung der Prüfung dieser Frage an den Kongreß für angewandte Chemie verlangen sollen.

Wenn wir tatsächlich auf die Sache eingehen sollten, dann sehe ich keinen Grund, daß wir nicht ebensogut überhaupt alle chemischen Versuchsmethoden untersuchen, sowie auch die physikalischen und

*) Siehe Seite 37.

Digitized by Google

schließlich alles, was auch nur entfernt mit unseren eigentlichen Arbeiten im Zusammenhage steht.

Ich schließe mit dem Bemerken, daß wir dem Herrn Berichterstatter auf das beste danken sollen und schlage gleichzeitig vor, die Prüfung dieser Frage eher einem Spezialkongreß für angewandte Chemie zu überlassen.

Präsident Merriman schließt sich den Worten des Herrn Cellerier voll an und schließt die Diskussion. Er kommt sodann auf den nächsten zurückgestellten Bericht von Herrn L. Fea: „Über Bestimmung der Viskosität von Ölen*)" zurück.

H. Prof. Panetti legt in Abwesenheit Feas den Bericht vor.

H. P. H. Conradson: Herrn Feas sehr wertvoller Artikel ist ein wertvoller Beitrag zur Frage der Maschinenschmierung im Betriebe. Die enge Beziehung zwischen der Viskosität und dem Reibungskoeffizienten werden in den Tafeln 4 und 5 gezeigt, und zwar soweit sie auf der Goodmann-Ölprüfmaschine und dem Pagliani-Viskosimeter festgestellt werden konnte, für verschiedene Öle mit Ausnahme des Öles „Y", das wirklich eine Ausnahme zu sein scheint. Ich möchte gerne die wahrscheinliche Ursache für das stark verschiedene Verhalten dieses Öles, besonders bei der verhältnismäßig niedrigen Versuchstemperatur, erfahren.

Da ich die genaue Konstruktion der Goodmann-Maschine nicht kenne, um die Genauigkeit der in den Tafeln 4 und 5 gegebenen Vergleichsdaten konstatieren zu können, möchte ich gerne die Größe der Versuchswelle, ihre Länge und ihren Durchmesser kennen, weiters die Reibungsfläche, die Projektion der Oberfläche des Versuchslagers und die auf dem Lager ruhende totale Last bei der Gruppe der auf Tafel 4 dargestellten Versuche.

Auch möchte ich wissen, ob diese Maschine mit Hilfseinrichtungen zur Abkühlung oder Erhitzung versehen ist, so daß die Versuchswelle und das Lager auf der gewünschten, in Tafel 4 angegebenen Temperatur ständig erhalten werden kann.

Ferner ob die Versuchsresultate, die in Tafel 4 aufgenommen sind, aus einem kontinuierlich von der niedrigeren Temperatur (40° C) zur höheren (80° C) verlaufenden Versuch stammen, oder ob die Temperaturen immer eine gewisse Zeit nach jedem Temperaturzuwachs

*) Siehe Seite 44.

Digitized by Google

anhielten, so daß man die Versuchsbedingungen eine genügende Zeit anwenden konnte, um den durchschnittlichen Reibungskoeffizienten für je 5° Temperaturzunahme zu erhalten; mit anderen Worten, wurde die Temperatur des Lagers und der Welle bei 40° 15, 20 oder 30 Minuten lang konstant erhalten und der durchschnittliche Reibungskoeffizient bei dieser Temperatur und ebenso bei den weiteren von 5 zu 5 Graden wieder zunehmenden Temperaturen untersucht?

Ich habe solche konstante Temperatur-Reibungsversuche für die Beurteilung der vergleichenden Schmierwerte von Ölen, die bei jeder gegebenen Temperatur die gleiche Viskosität besitzen, sehr wertvoll gefunden.

Zwei Ölqualitäten mit ungefähr gleicher Viskosität, die auch vom praktischen Standpunkte den gleichen Reibungskoeffizienten während einer kontinuierlichen freien Temperaturzunahme aufweisen, können sich doch ganz verschieden verhalten, wenn sie Temperatur-Reibungsversuchen von genügender Dauer, z. B. für jede Temperatur 16 Minuten oder noch länger unterworfen werden. Man läßt Wasser durch die Welle und das Lager durchgehen, um die gewünschte Temperatur konstant zu erhalten, indem man sowohl die Menge des Wassers als auch die Temperatur desselben abmißt. Eine Art Öl kann vielleicht mehr Wasser beanspruchen als die andere Art unter sonst ganz gleichen Versuchsbedingungen.

Diese Versuchsmethode gibt uns auch weitere Anhaltspunkte bezüglich des Schmierwertes, dann der Viskosität und des Reibungskoeffizienten, da sie uns durch die Feststellung der entwickelten Wärmeeinheiten ein genaues Maß der erforderlichen Arbeit gibt.

Ich möchte auch fragen, ob Captain Fea in seinen sehr wertvollen Untersuchungen, die Öle auch den sogenannten vergleichenden Reibungsdauerversuchen unterworfen hat; d. h. ob er diese Versuche unter ähnlichen Bedingungen auch durch längere Zeit, z. B. zwei Stunden und länger ausgedehnt hat, bzw. so lange, bis Temperatur und Reibung bei gegebener Schnelligkeit, Druck und Ölzufuhr konstant geworden sind; worauf dann der Ölzufluß abgeschlossen wird und die Maschine bei gleicher Geschwindigkeit und der gleichen Last laufen gelassen wird, bis die Reibung sich plötzlich zu vermehren beginnt. Hierbei wird die Länge der Zeit vom Absperren der Ölzufuhr bis zur plötzlichen Vermehrung der Reibung festgestellt. Zwei Ölqualitäten

Digitized by Google

gleicher Viskosität können sich bei solchen Versuchen ganz verschieden verhalten.

H. Prof. M. Panetti spricht Herrn Conradson für die der Arbeit des Herrn Fea gezollte Anerkennung den Dank aus und sagt, daß er jetzt mit Bezug auf die gestellten Fragen, in Vertretung des Herrn Fea sprechen wolle, ohne an dessen Versuchen selbst teilgenommen zu haben. Unter solchen Umständen wäre es möglich, daß er den beachtenswerten Resultaten des Verfassers unzutreffende Auslegungen zuteil werden läßt. Was nun speziell jenes Öl anbelangt, dessen Verhalten bei der Probe Herr Conradson als unregelmäßig bezeichnet hat, so bemerkt er, daß zwischen der Viskosität und dem Reibungskoeffizienten keine einfache Proportionalität, sondern eher eine lineare Beziehung besteht. Man kann sogar die Tatsache feststellen, daß zwischen zwei unter gleicher Geschwindigkeit und gleichem Druck erprobten Ölen das flüchtigere einen größeren Reibungswiderstand liefert, denn seine Viskosität reicht nicht hin, um zwischen den reibenden Flächen eine hinreichende dicke Schichte zu erhalten. Das in Frage stehende Öl ist vielleicht unter Bedingungen solcher Natur mit Bezug auf andere Öle der gleichen Serie untersucht worden.

H. P. H. Conradson: Der Hauptpunkt meiner Bemerkungen über Captain Feas Artikel mit Beziehung auf die Tafeln 4 und 5 gilt dem mit „Y" bezeichneten Öl und bezieht sich darauf, daß dieses Öl wie aus Tafel 5 hervorgeht, eine im Vergleich so geringe Viskosität innerhalb der Temperaturzone von 40 zu 80° C besitzt, während die Viskosität bei den anderen Ölen besonders bei den niedrigeren Temperaturen sehr variiert. Wenn wir nun die in den Tafeln von Captain Fea niedergelegten Resultate als bewiesene Tatsachen ansehen, sind seine Untersuchungen vom praktischen Standpunkte aus und in Beziehung mit der Frage der Maschinenschmierung von größtem Werte.

Während dieses eigentümliche Öl sich bezüglich seiner Viskosität so verschieden von den anderen Ölen, z. B. verglichen mit den mit „T" und „C" markierten Mustern, zeigt, besonders bei niedrigeren Temperaturen, finden wir, wenn wir zu den Reibungskoeffizienten bei den Temperaturen 45—50 und 55 kommen — was in Tafel 4 gezeigt wird — daß das Öl „Y" einen höheren Reibungskoeffizienten hat als die beiden anderen erwähnten Ölarten. Wir können daher, wie ich glaube, es nicht als gegebene Tatsache ansehen, daß unter allen Umständen die Viskosität und der Reibungskoeffizient in bestimmten Beziehungen zueinander stehen; wir müssen jedenfalls abwarten,

Digitized by Google

bis noch weitere Versuche in Verbindung mit dieser besonderen Ölgattung gemacht sein werden.

H. Prof. M. Panetti: Man kann nicht behaupten, daß zwei Öle, die bei 75° die gleichen mechanischen Eigenschaften besitzen, sich bei verschiedenen Temperaturen auch in gleicher Weise verhalten müssen. Offenbar erleidet bei dem in Rede stehenden Fall das bei 40° flüchtigere Öl mit zunehmender Erwärmung eine weniger beträchtliche Verminderung seiner Viskosität, da es bei 75° nahezu dieselbe Flüchtigkeit wie die anderen zeigt.

Was die Versuchsdauer anbelangt, so ist in einer Bemerkung des Herrn Fea die Bestätigung enthalten, daß die einzelnen Versuchsergebnisse auf Grund einer zur Erzielung einer konstanten Temperatur hinreichend langen Versuchszeit bestimmt worden sind. Ich glaube aber nicht, daß die Probemaschine in ihrer ursprünglichen Anordnung mit einem Apparat zur Erzielung einer konstanten Temperatur während des Versuches ausgerüstet war, wiewohl es ganz gut möglich ist, daß eine Einrichtung dieser Art später, und zwar von den Ingenieuren des „Genie naval", die die Versuche gemacht haben, selbst hinzugefügt wurde.

Präsident Merriman: Wünscht noch jemand das Wort zum Berichte Feas? (Es meldet sich niemand.) Wir wollen zum Bericht Albrechts*) übergehen. Es liegt ein Antrag auf Auflösung der Kommission 39 vor.

Der Sekretär verliest den in den „Mitteilungen" unter XXX_4 erschienenen Antrag.

Präsident Merriman: Dieser Antrag muß ordnungsgemäß an das Resolutionskomitee überwiesen werden.

H. E. Camerman: Herr Albrecht, Präsident der Kommission 39, schlägt vor, die Ölkommission aufzulösen.

Er führt dafür zwei Gründe an:

Der erste ist, daß es bisher nicht möglich gewesen ist, die Mitglieder zu einer Sitzung zu versammeln, weil sie zu weit voneinander wohnen. Dieser Grund gilt für alle Kommissionen, die Mitglieder wohnen weit voneinander entfernt, wir können uns aber auf schriftlichem Wege verständigen.

Ich habe der Ölkommission angehört, aber niemals ein Wort von Seite des Präsidenten empfangen.

*) Siehe Seite 54.

Digitized by Google

Der zweite Grund, den Herr Präsident Albrecht für die Auflösung der Kommission geltend macht, besteht in folgendem: Es besteht nämlich eine Kommission für die Produkte des Petroleums. Ich habe dieser Kommission angehört, sie befaßt sich aber nur mit Mineralölen, während wir es mit Ölen im allgemeinen zu tun haben.

Ich füge noch an, daß diese Kommission sich speziell aus Chemikern zusammensetzt, die physikalische und chemische Versuche ausführen, während wir die Verhältnisse vom industriellen Standpunkte aus betrachten.

Herr Albrecht, Präsident der Kommission, schlägt in einer Resolution vor, die Kommission aufzulösen. Ich meinerseits mache den Vorschlag, unsere Versammlung möge beschließen, daß sie seine Meinung nicht teilt.

H. A. Jacobsen: Ich habe vor zwei Jahren in Kopenhagen einen Antrag überreicht und wollte, daß sich die Kommission damit befassen soll. Albrecht hat mir gesagt, daß er die Sache den verschiedenen Mitgliedern mitteilen wollte; er hat es aber nicht getan. Er hat mir gesagt, er wolle selbst zum Kongreß kommen und die Sache vorlegen, er ist aber nicht gekommen. Ich weiß nicht, weshalb man diese Kommission auflösen soll. Wir haben so manche Aufgaben und ich glaube, daß wir sie sehr gut lösen können, eben, weil wir in der Industrie selbst arbeiten, während die Chemiker nur im Laboratorium arbeiten. Ich bin ganz der Meinung des Herrn Camerman. Ich glaube eigentlich, es wäre nur eine neue Präsidentenwahl am Platze.

H. C. H. Conradson: Ich möchte erwähnen, daß auch der Amerikanische Verband für Materialprüfungen vor kurzem eine Kommission zur Feststellung einheitlicher Prüfungsverfahren für Petroleumprodukte eingesetzt hat. Auch diese Kommission will in gewisser Beziehung von der Internationalen Kommission für Petroleumprodukte unabhängig sein. Ich nehme an, daß auch die verschiedenen Länder Europas ihre eigenen Kommissionen haben werden. Ich stimme daher dafür, daß auch die Ölkommission ihre Arbeit fortsetzen möge.

H. F. Cellerier: Es ist schwer, in Abwesenheit des Präsidenten der Kommission 39 einen definitiven Entschluß fassen zu sollen, denn der Herr Präsident der Kommission hat uns vielleicht entscheidende Gründe vorzuführen, die nicht alle in seinem Berichte enthalten sind.

Ich bin Mitglied der Kommission 39 und habe ebenso wie Herr Camerman noch keinerlei Einberufung erhalten.

Digitized by Google

Ich glaube im übrigen sagen zu können, daß die Mehrzahl der Mitglieder der Kommission 39 gewiß geneigt sind, den Einladungen ihres Präsidenten Folge zu leisten und soviel als möglich die Kenntnis der Versuchsergebnisse und der auf die Ölproben Bezug habenden Dokumente zu erleichtern.

Die Frage der Durchführung mechanischer und chemischer Versuche mit Ölen ist von großer Wichtigkeit; das ist Ihnen speziell durch die außerordentlich interessanten Diskussionen bewiesen worden, die sich während der Sitzung entwickelt haben.

Die Spezialkommission 39 soll meiner Meinung nach nicht nur ihren Namen behalten, sondern ihre Arbeit mit noch größerem Eifer als bisher fortsetzen.

Es besteht wohl die internationale Kommission für Petroleum; es ist aber, wie mehrere Redner ausführten, ein bedeutender Unterschied zwischen Petroleum und der Frage, die uns ganz besonders interessiert: den Schmiermitteln.

Die Sektion C kann keine Entscheidung treffen, aber ich für meinen Teil schließe mich vollkommen dem von den Herren Camerman und Jacobsen ausgesprochenen Wunsche an, die Kommission 39 bestehen zu lassen, und erlaube mir den Antrag folgendermaßen zu formulieren:

Der Vorstand wird eingeladen, über die Mittel schlüssig zu werden, um das Studium der Schmiermittel weiter zu verfolgen.

Präsident Merriman schließt die Diskussion über den Antrag Albrechts, der an das Resolutionskomitee abgetreten wird. Er geht zum Bericht Mesnagers betreffend Vereinheitlichung der Prüfungsverfahren für Straßenbaumaterial über, der gleichfalls mit einem Antrag schließt.

Sekretär Moore verliest diesen Antrag:

„Der Vorstand wird ermächtigt, die auf Vereinheitlichung der Prüfungsverfahren für Straßenbaumaterialien und deren Benennung hinzielenden Arbeiten, und zwar in Gemeinschaft mit dem Exekutiv-Bureau des Internationalen Straßenkongresses durchzuführen."

Präsident Merriman: Der Antrag wird dem Resolutionskomitee zugewiesen. Was den Bericht betrifft, so glaube ich, daß wir seine Behandlung, da der Autor nicht anwesend ist, verschieben. (Zustimmung.)

Sekretär Moore: In dem von Herrn E. O. Sachs vorgelegten Bericht ist ein Antrag eingeschlossen. Soviel ich sehe, ist der Antrag

Digitized by Google

dem Wesen nach sehr verschieden. Ich werde fragen, welcher Teil des auf Feuerfestigkeit des Eisenbetons bezüglichen gedruckten Antrages hier vorgelegt werden soll.

Präsident Merriman fragt, ob Herr Panetti Auskunft geben könnte. Da dieser verneint, verschiebt er die Frage, bis der Autor anwesend ist.

Die Sitzung wird sodann um 12 Uhr 30 Minuten auf 2 Uhr nachmittags vertagt.

Donnerstag, den 5. September 1912, nachmittags.

Präsident Merriman eröffnet um 2 Uhr 25 Minuten die Sektionssitzung.

Präsident Merriman: Infolge Abwesenheit der Herren Martens, Reitler und Hinrichsen wird die Verhandlung ihrer Berichte zurückgesetzt. Als nächster Bericht gelangt der Bericht von K. Memmler: „Gegenwärtiger Stand der mechanischen Kautschukprüfung nach den im königl. Materialprüfungsamte zu Berlin-Lichterfelde gewonnenen Versuchserfahrungen" ($XXII_2$) zur Verhandlung.

(Im Anschluß an den von Memmler-Schob vorgelegten Bericht bespricht der Autor das Wesentlichste der seither mit der ringförmigen Zugprobe neu gewonnenen Ergebnisse. Es zeigte sich, daß die Ergebnisse unsicher sind, wenn der Probering über die drehbar anzuordnenden Spannrollen der Schopper-Dalén-Maschine nicht ständig wandert. Die Beeinflussung der Festigkeitseigenschaften durch Schneiden oder Stanzen der Probe ist belanglos. Die Abmessungen des Ringes sind hinsichtlich der Bruchfestigkeit, jedoch nicht hinsichtlich der Bruchdehnung von Einfluß. Das erstere trifft insbesondere für bessere Sorten Weichgummi zu und sind daher für Bruchproben Normalabmessungen zu vereinbaren. Wo die Ringprobe wegen der Form der zu prüfenden Gummisorte nicht anwendbar ist, sind besondere Vereinbarungen über die Art der mechanischen Prüfung des Gummi zu treffen. Der Autor bespricht sodann einige Abnutzungsproben und Dauerversuche sowie Apparate für Druck-, Kugeldruck-, Dauerschlag- und ruhende Dauerproben.)

H. Prof. K. Memmler legt seinen Bericht vor und bemerkt: Wir haben dem 5. Kongresse seinerzeit eine Vorlage unterbreitet, in der die Ergebnisse einer größeren Zahl von Vergleichsversuchen zwischen ringförmigen und stabförmigen Probekörpern aus weichem Gummi mitgeteilt wurden. Das Hauptergebnis dieser Arbeit brachte uns im Materialprüfungsamte zu der Überzeugung, daß für Zugversuche

Digitized by Google

mit weichem Gummi die ringförmigen Probekörper vorteilhafter wären als die stabförmigen. Auf diese Überzeugung hin haben wir uns in den letzten Jahren mit den Eigenschaften der ringförmigen Proben noch mehr beschäftigt und einige Versuche mit verschiedenen Querschnittsabmessungen gemacht. Wir sind im großen und ganzen zu dem Ergebnis gekommen, das in der Vorlage, die dem Kongreß unterbreitet worden ist, zusammengestellt wurde. Es bestätigt sich, daß die ringförmigen Probekörper viele Vorzüge vor den stabförmigen haben. Es ist aber auch erkannt worden, daß man die ringförmigen Proben zweckmäßig nur dann anwendet, wenn die Proberinge über die Einspannrollen der Maschine ständig wandern, denn wenn die Proberinge während des Versuches feststanden, fanden wir bei einzelnen Gummisorten sehr beträchtliche Abweichungen der Ergebnisse. Wir waren ferner eingehend damit beschäftigt, die Herstellung dieser Ringe möglichst zu vereinfachen und haben das Verfahren so gestaltet, daß man mit einer Stanze genügend genaue Proberinge herstellen kann. Man kann aber auch auf einer Drehbank oder auf ähnlichen Einrichtungen mit einem rotierenden Messer mit großer Genauigkeit die Proberinge herstellen. Vergleichsversuche, die wir gemacht haben, bei denen wir beide Herstellungsarten anwandten, zeigten uns, daß ein allgemeiner Einfluß durch das Herstellungsverfahren nicht zu befürchten ist, man wird aber gut tun, immer dasselbe Verfahren anzuwenden. Ferner haben unsere Versuche, die wir mit Proberingen verschiedener Abmessungen ausführten, ergeben, daß die Bruchfestigkeiten von den Abmessungen des Proberinges beeinflußt werden können. Hingegen zeigte sich die Dehnung durchgängig bei allen Sorten, die wir geprüft haben, fast gar nicht durch die Probeabmessungen beeinflußt. Wenn man die Bruchfestigkeit als Gütemaßstab in Aussicht nehmen wollte, müßte man also zuvor Vereinbarungen über Form und Abmessungen der Probekörper treffen. Es wird gegen die Ringproben mehrfach die Einwendung gemacht, daß die zu prüfenden Gummisorten in einer Form vorliegen müssen, die das Herausschneiden eines Ringes ermöglicht, z. B. in einer Platte oder in Form eines Schlauches etc. Dies sind aber Einwendungen, die gegen eine stabförmige Probe auch gemacht werden können. Wir haben uns dann in den letzten Jahren außer mit der eigentlichen Zugprobe auch mit anderen Prüfungsverfahren für weichen Gummi beschäftigt, weil mehrfach die Meinung zutage getreten ist, daß das Prüfungsverfahren dem jeweiligen Verwendungszwecke des Weichgummiartikels anzupassen sei. Vielfach kommen

Digitized by Google

nun in der praktischen Verwendung des Weichgummis nicht Zugfestigkeit, sondern weit häufiger Druckfestigkeit, Abnützung usw. in Frage. Ich erinnere nur an Pneumatiks. Wir haben eine Anzahl von Prüfungsverfahren für diesen Zweck durchgearbeitet. Es ist ein Apparat konstruiert worden, der Gummikugeln der Abnützung unterwirft, ferner ein Apparat, der Gummiringe Abnützungsversuchen unterwerfen kann und ein dritter Apparat, bei dem man Gummischeiben im Schmirgel in einem Glasgefäß laufen läßt und so einer Abnützung unterwirft. Ich kann mich hier, wegen der Kürze der Zeit, die mir zum Sprechen gegeben ist, nicht auf Einzelheiten einlassen, und muß diejenigen Herren, die die Details interessieren, auf die Angaben verweisen, die sie in unseren „Mitteilungen aus dem Materialprüfungsamt" veröffentlicht finden.

Wir haben auch Druckversuche mit einer kleinen Druckpresse gemacht und sind auch dabei, einen Härteprüfapparat auszuprobieren, der nach dem Prinzip der Brinellschen Methode, die bekanntlich bei Stahl sehr viel angewendet wird, gebaut worden ist.

Eine sehr wichtige Rolle bei weichem Gummi spielen ja auch die Alterungserscheinungen des Gummis, besonders die Veränderungen der mechanischen Eigenschaften des Gummis infolge Alterns. Der Dauerversuch, den man in dieser Hinsicht zur Prüfung des Gummis ausführen kann, nimmt natürlich lange Zeit in Anspruch und man kommt deswegen auf den Gedanken, ein Verfahren zu suchen, bei dem man Alterungserscheinungen in beschleunigter Weise herbeiführt. Auch solche Versuche sind bei uns im Gange.

Ich habe in der Vorlage, die diesem Kongreß unterbreitet worden ist, nur über Versuche im königl. Materialprüfungsamt berichten wollen, dabei aber nicht daran gedacht, Normen für die Prüfungsverfahren in Vorschlag zu bringen. Ich wollte nur zeigen, daß wir in dieser Sache wieder weiter vorwärts gekommen sind und wir dürfen hoffen, daß wir bei dem nächsten Kongresse weitere Fortschritte werden feststellen können.

H. D. E. Douty schlägt vor, daß, bevor in eine eingehende Diskussion des Memmlerschen Berichtes eingegangen wird, der nächste in das gleiche Gebiet einschlägige Bericht des Herrn P. L. Wormeley zur Vorlage gelange.

H. Dr. F. Dannerth: Ich möchte Herrn Prof. Memmler um nähere Angaben über die Alterungsprobe bitten.

Digitized by Google

H. Prof. K. Memmler: Über Alterungsversuche kann ich Ihnen nur mitteilen, was wir im königl. Materialprüfungsamt gemacht haben. Wir sind bei den Versuchen so verfahren, daß wir die Proben eine bestimmte Zeit lang einer natürlichen Alterung unterwarfen und gleichzeitig führen wir Vergleichsversuche so aus, bei denen wir die Proben in einem mit einer kleinen elektrischen Glühlampe beheizten Glasgefäß aufbewahrten. Wir haben nun bei den beschleunigten Alterungsproben gefunden, daß einzelne Gummisorten nach Verlauf des ersten Versuchstages auffallenderweise noch eine Verbesserung der mechanischen Festigkeitseigenschaften erfuhren. Die größere Festigkeit und größere Dehnung wird darauf zurückzuführen sein, daß wir es mit nicht genügend durchvulkanisierten Gummisorten zu tun hatten. Nach drei bis vier Tagen war bei anderen Sorten die äußere Erscheinung derart, daß man kaum noch von weichem Gummi sprechen konnte, so hart waren sie geworden. Es kommt nun darauf an, festzustellen, ob diese Art beschleunigter Alterung und die natürliche Alterung gleiche Klassifikation der Proben ergeben. Dann wäre die Möglichkeit gegeben, eine derartige beschleunigte Alterungsprobe anwenden zu können. Versuchsergebnisse kann ich Ihnen nicht mitteilen, weil sie noch nicht abgeschlossen vorliegen.

Eine einfache Probe, um sich über die Alterserscheinungen des Kautschuks ein Urteil zu bilden, können Sie ausführen, wenn Sie nach dem Vorschlag von Martens Gummiringe über eine kleine Glasplatte von bestimmter Breite nebeneinander aufspannen. Die Proben sind dann ständig unter einer bestimmten Spannung, die durch die Breite der Glasplatte gegeben ist und können nun atmosphärischen Einflüssen oder sonstigen Einwirkungen, z. B. Wärme, Wasser oder dergleichen ausgesetzt werden. Auf diese Weise findet man leicht äußerliche Verschiedenheiten, die die Gummiproben beim Altern aufweisen. Es ist dies zwar nicht eine Probe, bei der man Zahlen an die Hand bekommen kann, um zu klassifizieren, aber eine gute Vergleichsprobe hinsichtlich der äußeren Alterungserscheinungen unter bestimmten äußeren Einflüssen.

H. A. Jacobsen: Ich habe mich in Kopenhagen auch mit Alterungsversuchen beschäftigt. Wir arbeiteten mit einem Apparat, bestehend aus einem viereckigen Wasserbade, durch welches der Länge nach zwei Glaszylinder von zirka 45 mm Lichtweite geführt sind. Die Zylinder sind an beiden Enden geschlossen und mit Zu- und Ableitungsrohr mit Hahn versehen. Der Kautschuk wird entweder in

Digitized by Google

Stückchen oder in fein zerkleinertem Zustande, in Kähnchen aus Porzellan oder Glas in die Zylinder hineingebracht. Das Wasserbad wird jetzt auf 100° gebracht und durch den einen Zylinder wird Sauerstoffstrom, durch den anderen atmosphärische Luft geleitet. Nach ungefähr einer Viertelstunde werden die Luftströme unterbrochen, es werden an beiden Enden die Hähne geschlossen und eine Stunde ruhig stehen gelassen. Dann führe ich von neuem die Luftströme durch, und dieser Vorgang wird einen Tag oder vier bis fünf Tage hindurch ständig wiederholt. Sehr schlechtes Gummi erkennt man bereits nach einigen Stunden. Sie nehmen keinen Sauerstoff mehr an und fühlen sich, wenn man sie mit der Hand reibt, ganz sandig an. Vergleichszahlen erhält man wohl nicht, aber in einigen Tagen kann man ein sicheres Urteil darüber gewinnen, ob der Kautschuk gut oder schlecht ist.

H. G. H. Sharp: Ich möchte Herrn Prof. Memmler fragen, ob er Versuche über das Verderben des Kautschuk für elektrische Isolationszwecke gemacht hat, insbesondere ob beschleunigte Proben nach dieser Richtung angewendet werden.

H. Prof Memmler: Nein.

H. H. M. Wilson: Mit Bezug auf die Frage des letzten Redners bemerke ich, daß das Bureau of Mines der U. S. A. Versuche angestellt hat, die nicht so sehr den Zweck verfolgten, die Dauerhaftigkeit der Isolierung von Leitungen in Luft, sondern in Berührung mit säurehältigem Grubenwasser und der mit sauren Dämpfen erfüllten Grubenluft festzustellen. Diese Versuche sind durch zwei Jahre in Wasser von bestimmtem, in Gruben üblichem Säuregehalt sowie in Luft solange angestellt worden, bis die Isolierung fast aller Leitungen versagt hat. Dabei wurde der Spannungsverlust gemessen und verzeichnet und die in Kürze zu veröffentlichenden Ergebnisse werden einige Auskünfte bezüglich der angeregten Frage bringen.

H. A. Jacobsen: Ich habe einige Versuche mit vulkanisiertem Gummi für elektrische Zwecke gemacht und hiezu ein Kabel von dem besten Gummi und ein anderes mit sehr schlechtem Gummi herangezogen. Der schlechte Gummi war in vier Stunden hin und ganz brüchig. Ich konnte ihn mit den Fingern ganz zerbröckeln. Der gute Gummi hat sich sehr gut bewährt, er widerstand etwa vier bis fünf Tage. Zu diesen Versuchen diente der erwähnte Apparat.

H. E. A. Barrier: Ich möchte Herrn Jacobson, der über Proben, bei denen der Kautschuk durch eine gewisse Zeit auf 80° erhitzt wurde,

Digitized by Google

fragen, ob die Ergebnisse an Zeitalterungsproben überprüft wurden? Es ist stets eine wichtige Frage, ob Alterungsproben, die bei hohen Temperaturen ausgeführt werden, mit dem Verhalten des Kautschuks bei niederen Temperaturen vergleichbar sind. Ohne daß diese Proben an den unter praktischen Bedingungen ausgeführten Proben überprüft worden sind, glaube ich nicht, daß Sie die Angaben als ganz zutreffend betrachtet können.

H. A. Jacobsen: Das ist richtig, aber man muß etwas versuchen. Wir können die Proben nicht so lange, als es die praktischen Bedingungen verlangen, liegen lassen. Wir wollten eine Schnellprobe haben und müssen jetzt erst sehen, ob sie sich im Vergleich mit den praktischen Erfahrungen bewährt.

H. C. E. Skinner: Seit 17 Jahren beschäftigen mich Versuche mit isoliertem Draht, um die Veränderungen des Isolationswertes (dielektrischen Widerstandes), die unter normalen Verhältnissen bei Leitern in der freien Luft vorkommen, zu bestimmen. Diese Versuche wurden durch sieben oder acht Jahre konstant fortgesetzt, das ganze Versuchsstück wurde ununterbrochen den Witterungseinflüssen, wie sie sich in dem Pittsburger Distrikt vorfinden, ausgesetzt und davon zeitweise Versuchsproben abgenommen. Merkwürdigerweise hat sich der dielektrische Widerstand, der durch die Grenzspannung beim Versagen der Isolation bestimmt wurde, bei den meisten Proben durch eine gewisse Zeit, und zwar durch etwa drei bis vier Jahre, vermehrt. Es zeigte sich, daß jene Proben, welche am stärksten beschwert waren, ihren dielektrischen Widerstand besser behielten, als jene, die einen größeren Gehalt an Gummi besaßen. Bei den Nebenversuchen, die gemacht wurden, indem man die äußere Gewebedecke wegnahm und das Gummi in ziemlich scharfer Kurve bog, sowie die Zeit feststellte, bis das Gummi aufriß, kam man zu ziemlich ähnlichen Resultaten. Der Versuch war insoferne sehr lehrreich, als er zeigte, was man von den jetzt auf dem Markte befindlichen Materialien erwarten darf. Leider haben wir die Versuche in den letzten Jahren nicht mehr fortgesetzt.

H. F. Gottsch: Ich habe bei Schoppen eine Ringprobemaschine bestellt, die ich anfangs Jänner zu erhalten hoffe und möchte Herrn Prof. Memmler fragen, welches Verhältnis zwischen Dicke und Breite des Ringes bestehen soll, damit vergleichbare Ergebnisse für die Bruchfestigkeit erhalten werden.

Digitized by Google

H. Prof. Memmler: Ich bemerkte vorhin schon, daß bei Zugversuchen mit Ringproben die Zerreißfestigkeit der verschiedenen Gummisorten durch die Ringabmessungen zum Teil stark beeinflußt werden kann. Bezüglich der Einzelheiten muß ich die Herren auf die Veröffentlichungen verweisen. Hinsichtlich der Dehnung ist eine Beeinflussung durch die Ringabmessung nicht gefunden worden, schon früher nicht und auch bei unseren jetzigen Versuchen nicht. Beschränkt man sich darauf, die Gummisorten nach der Dehnung zu klassifizieren, so wird man nach unserer Erfahrung Ringe beliebiger Abmessung verwenden können.

H. F. Gottsch: Ich fragte bezüglich Bruchfestigkeit.

H. Prof. Memmler: Auf diese sind die Abmessungen von Einfluß.

Präsident Merriman: Man könnte vielleicht die Diskussion unterbrechen, bis der auf dasselbe Gebiet bezügliche Bericht von Herrn Wormeley vorgelegt ist.

H. D. E. Douty: Herr Wormeley ist in letzter Minute verhindert worden, am Kongreß zu erscheinen und ich bin bereit für ihn den Bericht vorzulegen.

Bevor ich aber einen Auszug des Berichtes gebe, will ich zwei Fragen zum Thema des Alterns des Kautschuks an Herrn Prof. Memmler richten. Wie viele Mischungen und wie viele Verbindungen wurden bei den Alterungsproben untersucht?

H. Prof. Memmler: Wir haben zurzeit eine sehr große Menge von Mischungen in Prüfung. Es handelt sich dabei um etwa 60 oder 70 verschiedene Mischungssorten, wie sie im deutschen Gummihandel vorkommen. Wir haben uns an unsere größten deutschen Werke gewendet, mit der Bitte, uns Proben von ihren gebräuchlichsten Mischungen für ihre verschiedenen Zwecke, wie Radreifen, Dichtungszwecke usw., zu überlassen. Wir werden also sehr ein großes Versuchsmaterial prüfen. Allerdings wird noch einige Zeit vergehen müssen, bis die Versuchsergebnisse vorliegen, da natürlich die Alterungsversuche ihre Zeit brauchen, aber ich hoffe, im Laufe des nächsten Jahres etwas darüber berichten zu können.

H. Dr. F. Dannerth: Ich möchte fragen, ob 60 bis 70 oder wie viele verschiedene Mischungen verwendet wurden.

H. Prof. Memmler: Auf die Einzelheiten der Mischungsrezepte können wir natürlich nicht eingehen, sonst kömmen wir ins Uferlose. Wir haben von sieben bis acht großen deutschen Gummiwerken je eine Mischung bezogen, wie sie die Fabriken für einen guten Gummi-

Digitized by Google

pneumatik, einen guten Gummischlauch, einen guten Dichtungsreifen usw. anwenden, und in dieser Weise bekamen wir etwa 60 bis 70 verschiedene Proben für Versuche zusammen. Wie sie sich hinsichtlich der Mischung zusammensetzten, darüber machten uns die Firmen keine eingehenden Angaben und selbst wenn sie es getan hätten, wären wir gehalten, dies nicht in die Öffentlichkeit zu bringen, trotzdem werden die Versuche hoffentlich wertvolle Erfahrungen mit sich bringen.

H. D. E. Douty legt den Bericht des Herrn P. L. Wormeley: „Einige Apparate für Zugversuche mit Kautschuk" vor.

(Der Autor beschreibt vier Prüfmaschinen, die zum Zwecke vereinfachter Kautschukprüfung entworfen worden sind. Ein Apparat dient zum einfachen Strecken von Gummiproben, der zweite, um das Verhalten von Gummi, der auf eine bestimmte Länge gestreckt ist, zu beobachten. Die beiden anderen Apparate dienen zur Bestimmung von Zugfestigkeit und Bruchdehnung. Der Einfluß der Probeform [Ring und Stab] auf die Probeform wurde an Proben untersucht: Die Ringfestigkeit ist geringer als die der Stabfestigkeit. Die Querproben haben jedoch eine Tendenz zu größerer Dehnung als die Längsproben.)

H. D. E. Douty bemerkt, daß ihm die Vorlage des Berichtes aber jetzt schwer falle, da dieser in einigen Punkten mit jenen des Herrn Prof. Memmler im Gegensatz stehen. Leider habe er nicht Gelegenheit genommen, da er nicht darauf gefaßt war, den Bericht Wormeleys vorlegen zu müssen, den zuvor behandelten Bericht zu lesen. Er konnte sich daher nur aus dem Auszug orientieren und aus dem, was ihm von dem deutschen Vortrag des Herrn Prof. Memmler verständlich war.

H. F. Cellerier: Nach meiner Meinung geht aus den bereits gewonnenen Resultaten hervor, daß es wichtig wäre, alle Arbeiten der verschiedenen Laboratorien sowie der industriellen und großen Gesellschaften zu vereinigen. In der Kautschukprüfung gibt es Schwierigkeiten, die sich auf die Methode und die Art des Vorgehens beziehen und jedes Verfahren birgt gewisse Vorteile, ob nun die Probeform ein Ring, ein Stab oder eine Scheibe ist. Die verschiedenen Methoden können noch ausgebildet werden und ich glaube, daß der Präsident der Kautschuk-Kommission, Herr Camerman, die verschiedenen Angaben für den nächsten Kongreß zum Zwecke eines klaren Bildes vereinigen könnte.

H. Prof. Memmler: Ich möchte zu der Vorlage des Herrn Wormeley noch einiges bemerken. Herr Douty, der die Vorlage hier einführte,

Digitized by Google

betonte, daß man bei Anwendung ringförmiger Proben kleinere Werte erhielt als mit den Stabproben. Nun, ich meine, daß es für die praktische Materialprüfung ziemlich gleichgültig ist, mit welchen Probeformen man kleinere oder größere Versuchszahlen findet. Es kommt weit mehr darauf an, daß mit demselben Maße gemessen wird und daß man eine Klassifikation der Gummisorten bekommt, die derjenigen, die mit einem anderen Maßstab erhalten worden ist, entspricht. Dabei ist es ganz gleichgültig, ob mit dem einen Maßstab ein Wert von 100 und mit dem anderen vielleicht von 80 erhalten wird, wenn nur die Maßstäbe die gleiche Güteeinordnung ergeben. Deswegen haben wir dieser Frage nicht allzu große Bedeutung beigemessen. Für uns hat es viel mehr Wichtigkeit, welche Form vorzuziehen ist, und da sind wir zu der Erfahrung gekommen, daß die Ringform eine ganze Reihe von praktischen Vorzügen hat. Ich erinnere z. B. daran, daß die Dehnungsmessung bei den Stabformen stets eine ungenaue und sehr mühsame Arbeit sein wird, während es bei der Ringform genügt, die Dehnung aus den Abstand der Einspannrollen zu messen. Das ist nicht bei den Stabproben angängig, weil die Stäbe während des Versuches in den Einspannklauen gleiten. Es ist ferner ein praktischer Vorteil, daß die Ringproben nur einmal einzuspannen sind und dann nicht mehr während des Versuches nachgespannt werden müssen. Das muß manchmal bei Stabproben mit sehr großem Kraftaufwand geschehen, wenn die Dehnung sehr stark ist und das Gleiten sehr schnell eintritt. Aus diesen praktischen Erwägungen heraus haben wir der Ringprobe den Vorzug gegeben. Ich muß durchaus zugeben, daß Herr Wormeley mit seinen theoretischen Erörterungen über die Verschiedenheit der Innen- und Außenspannung bei der Ringprobe recht hat, es ist aber auch da zu sagen, daß man sich darüber klar werden muß, ob dieses Moment wichtig genug ist, um eine praktisch umständlichere Probe anzuwenden und die praktisch einfachere Probe beiseite zu lassen. Wir haben deshalb diesem Mangel der Ringprobe für deren praktische Benutzung keine allzu große Bedeutung beigemessen. Was ferner die Bruchrichtung betrifft, so möchte ich auf unsere erste Veröffentlichung im Jahre 1909 verweisen, dort finden Sie ein großes Material über diese Frage und in der Tabelle, in einer besonderen Spalte auch Angaben über die Bruchrichtung. Sie werden sehen, daß das, was Sie behaupten, sich nicht immer bei unseren Versuchen bestätigt hat, daß vielmehr die Bruchrichtung längs und quer zur Walzrichtung der Platte eingetreten ist. Wenn die Herren die

Digitized by Google

theoretische Frage der Spannungsverteilung interessiert, so dürfte zu empfehlen sein, sich dabei auch der Stabprobe zu bedienen; bei ihr dürfte die Spannungsverteilung häufig noch umständlicher verlaufen.

H. Prof. B. Kirsch: Gestatten Sie mir nur ein paar Worte zur Aufklärung. Herr Wormeley hat das sehr löbliche Bestreben, eine Kohäsionsziffer für sein Material festzustellen. Dieses Bestreben muß man bei allen Festigkeitsversuchen haben. Wir sind aber nicht in der Lage, diese Ziffer in aller Strenge zu bestimmen; weder durch Zug- oder Druck- oder Biegungsversuche, noch durch irgendwelche Versuche. Wir bekommen immer nur Vergleichszahlen. Wollen wir die Kohäsionszahlen berechnen, dann müssen wir eine Hypothese machen, die nicht genau erfüllt ist.

Sie nehmen Anstand daran, daß im preußischen Prüfungsamt Ringe geprüft werden, so daß die Spannungsverteilung über den Querschnitt verschieden ist, also auf der Innenseite und auf der Außenseite verschieden große Spannung herrscht. Das ist ganz gewiß richtig. Man kann diese Proben mit Kautschuk vielleicht so ändern, daß diese Unterschiede gering werden, indem vielleicht der Querschnitt klein gewählt wird im Verhältnis zum Durchmesser des Ringes. Der Fehler wird beinahe verschwindend gemacht werden können. Das aber halte ich für unnötig. Das Materialprüfungsamt ist sich gewiß vollkommen klar darüber, daß es sich hier nur um Vergleichszahlen handeln kann. Auch bei allen anderen Prüfungen erhält man nur Vergleichszahlen; bei den Zementprüfungen auf Zug sind die Spannungen ganz ungleichmäßig verteilt. Sogar eine Kerbwirkung tritt ein. Sie wissen, wie viel über die Kerbprobe debattiert worden ist, und daß wir seit Dezennien mit dieser Probe arbeiten. Die Spannungen sind von der Kerbform abhängig. Das ist auch beim Zementzugkörper der Fall und die Ziffer, die wir als Normziffern der Zugfestigkeit des Zementes anführen, ist nur eine Durchschnittsfestigkeit über den ganzen Querschnitt. Dasselbe gilt von den Gesteinprüfungen. Wenn Sie Würfel zerdrücken, bekommen Sie gewisse Festigkeitsziffern, und zwar Durchschnittswerte, gültig nur für die Würfelform. Wenn der Körper doppelt so hoch ist, so hat er eine andere Durchschnittsfestigkeit. Was wir wollen, sind die Vergleichszahlen. Für Steine und Mörtel werden diese Vergleichszahlen bei Druck an Würfeln erhoben, bei Zug an Körpern von der Form einer Acht. Warum sollen uns für Kautschukprüfungen zum Vergleich die Ringformen nicht genügen?

Digitized by Google

H. Dr. F. Dannerth: Herr Douty hat bei Vorlage des Berichtes von Wormeley darauf hingewiesen, daß zahlreiche Schwierigkeiten sich daraus ergeben haben, daß bei Druckbeanspruchung einer Kautschukplatte die Festigkeit und Dehnung in der Längsrichtung der Platte verschieden von jener in der Plattenquerrichtung gefunden wurde.

H. D. E. Douty: Das ist eine Tatsache, die sich bei unseren Messungen gezeigt hat.

H. Dr. F. Dannerth: Könnte man dieser Erscheinung nicht entgegentreten, indem man bei der Herstellung die erste Lage nach der Längsrichtung, die zweiter Lage nach der Querrichtung laufen läßt.

H. D. E. Douty: Ich fürchte, daß die Fabrikanten dies für einen zu kostspieligen Prozeß halten werden; wir wollen übrigens die Herstellungsweise nicht beeinflußen, sondern nur eine Probe feststellen für die Produkte, wie sie von den Fabrikanten erzeugt werden.

Ich möchte Herrn Prof. Memmler fragen, wie Sie die Dehnung und Festigkeit der Innenseite eines Rohrschlauches durch die Ringmethode bestimmen, z. B. bei einem Schlauch von 4 cm Durchmesser. Wie bestimmen Sie die Festigkeit und Spannung der Kautschukplatte, aus der der Schlauch hergestellt wurde?

H. E. A. Barrier: Wenn ich recht verstanden habe, wird der Probering der Länge nach aus dem Schlauch herausgeschnitten. Wenn dem so ist, wie macht man es mit dem Zeug, mit dem der Schlauch oft ausgefüttert ist? Oder wie geschieht dies bei den in Baumwolle eingewobenen Schläuchen bezüglich der Baumwollhülle?

H. Prof. Memmler: Soweit ich die Herren verstanden habe, möchten sie wissen, wie wir die Zugfestigkeit bei Proben aus Gummischläuchen ermitteln. Aus einem Gummischlauch schneiden wir einen Probering, indem wir den Schlauch auf einen Dorn aufziehen, ihn in die Drehbank einspannen und dann senkrecht zur Längsachse einen Streifen von bestimmter Breite abschneiden. Dann gewinnen wir einen Probering in der Form genau wie beim Herausstanzen aus einer Platte und stellen seine Abmessungen wie beim gestanzten Ringe fest.

H. D. E. Douty: Dann haben Sie also bei verschiedenen Schlauchabmessungen verschiedene Abmessungen des Proberinges?

H. Prof. Memmler: Ja.

H. D. E. Douty: Wenn also die gleiche Kautschukmischung zu Schläuchen verschiedener Größen verarbeitet wird, wird sie mittels

Digitized by Google

Ringen verschiedener Größen geprüft. Das bedingt, daß der Ringdurchmesser das Probeergebnis nicht beeinflußt.

H. Prof. Memmler: Ja! In der Veröffentlichung, die wir 1911 in unseren Mitteilungen gegeben haben, finden Sie Zahlen über den Einfluß des inneren Durchmessers eines Proberinges auf das Festigkeitsergebnis. Wir haben gefunden, daß der innere Durchmesser eine ganz untergeordnete Rolle spielte. Die Abmessung der Dicke und Breite des Ringes beeinflußt die Festigkeit des Ringes, aber nicht die Dehnung.

H. D. E. Douty: Noch eine Frage bitte ich. Habe ich richtig verstanden, daß bei der Ringprobe die Dicke der Scheibe nicht die Dehnung, wohl aber die Bruchfestigkeit beeinflußt?

H. Prof. Memmler: Ja.

H. D. E. Douty beschreibt kurz die Probeform und den Apparat der in dem Artikel Wormeleys näher erörterten Probe mit Längsstreifen und bemerkt, daß die Probe in exzentrischen (im Berichte heißt es irrtümlich konzentrischen) zylindrischen Griffen gefaßt wird. Wir brauchen keine Stellschrauben und keine Klemmen, um der mit der Größe der Dehnung veränderlichen Dicke des Streifens jeweilig entsprechen zu können. Betrachten wir andererseits die Rolle, so ist sie in eine Anzahl Segmente geteilt, und wenn der Versuchsstreifen so ungleichförmig in der Dicke sein sollte, wie Abbildung A dies zeigt, so würde die Rolle X die dicke Stelle ergreifen und die Rolle Y würde die dünne Stelle greifen und jedes einzelne Segment wird die darunterliegenden Teile ergreifen.

Wenn die Probe eingespannt ist und Sie ziehen unterhalb des Einspannkolbens quer zur Probe eine gerade Linie, so können Sie die Probe bis 10 Zoll in der Länge ausziehen und die auf dieser Probe gezogene Linie wird gerade bleiben. Der hier beschriebene Einspannungskloben läßt, soweit wir bisher gearbeitet haben, absolut kein Gleiten zu. Wir sind daher zur Annahme berechtigt, daß wir tatsächlich eine reine Zugkraft auf die Probe ausüben. Da gibt es keine Scherwirkung oder eine Neigung zum Einreißen von einer Seite, wie sie sich bei der Ringprobe findet. Die Spannung im ganzen Querschnitt der Probe ist die gleiche, während dies bei der Ringprobe nicht der Fall ist. Wie Herr Prof. Memmler sagt, wollen Sie nur das gegenseitige Güteverhältnis bestimmen, aber ich hätte gerne einige Ihrer Resultate, um sie mit diesen hier zu vergleichen.

Nur noch ein Wort. Diese Methode wird dieselbe Festigkeit pro Flächeneinheit geben, ob das Gummiblatt einen halben Millimeter oder

Digitized by Google

ob es vier Millimeter dick ist. Prof. Memmler hat zugegeben, daß bei der Ringprobe die Bruchfestigkeit von der Dicke des Ringes abhängt. Wir haben in dem geraden Probestreifen eine Methode gefunden, die von den Dimensionen ganz unabhängig ist und dabei stets gleichförmige Resultate gibt.

Abgesehen davon läßt die Probe auch die Sorgfalt erkennen, mit welcher die Platte hergestellt wurde. Denn wenn Sie eine große Festigkeit in der Längsrichtung und eine geringe in der Querrichtung erhalten, so zeigt es, daß der Gummifabrikant die Platte zu schnell durch die Walzen hat gehen lassen, er hat sie zu heftig gezogen und das ist es ja, was wir bei den Prüfungen nach bestimmten Vorschriften herausfinden wollen. Wir wollen so viel Kenntnisse als möglich über die Art und Sorgfalt der Fabrikation erhalten und ich weiß, daß es sehr wertvoll ist, zu wissen, ob die Festigkeit in der Längsrichtung gleich oder nur fast gleich der in der Querschnittsrichtung ist. Es zeigt dies die Gleichförmigkeit des Produktes und auch die Sorgfalt der Erzeugung.

H. A. Jacobsen: Herr Memmler hat gesagt, daß man leichter eine Ringprobe machen kann. Das ist richtig. Es kommt häufig vor, daß wir Dichtungsringe untersuchen sollen. Aber ich weiß nicht, in welcher Weise ich einen Probering aus einem solchen Ring herausschneiden soll. Ein solches Problem liegt nicht selten vor.

Wenn man eine Probe aus einem mit Baumwolle umwobenen Schlauch oder dergleichen ausschneiden will, da geht es weder mit der Ring- noch mit einer anderen Probe. In diesem Falle halte ich es für das beste, wenn man ein kleines Stück aus dem reinen Kautschuk ausschneidet und abdreht, so daß es 1 mm dick ist und dann kann man vielleicht eine Ringprobe machen. Ich habe einen solchen Apparat gesehen.

H. D. E. Douty: Ich möchte Ihnen nur noch mitteilen, daß wir die beschriebene Versuchsmethode auch bei Schläuchen im Durchmesser von $^3/_4$ Zoll bis zu 15 Zoll anwenden, indem wir sowohl das innere wie das äußere Rohr untersuchen. Wir sind mit den Resultaten sehr zufrieden. Ich würde mich freuen, wenn die Herren während Ihres Besuches in Washington in der nächsten Woche auch unser Laboratorium im Bureau of Standards besuchen und unsere Methode der Untersuchung und die Art, wie wir sie anwenden, einer Besichtigung unterziehen wollten.

Digitized by Google

H. Powers: Ich möchte gerne an Herrn Douty eine Frage richten. Sie sagten, daß Sie die Zusammensetzung der verschiedenen verwendeten Kautschukmischungen aufgezeichnet hätten. Waren die Bestandteile, aus welchen sie zusammengesetzt waren, immer stets dieselben, nämlich Kautschuk, Schwefel und mineralische Stoffe; und wenn dies zutrifft, wurde immer derselbe Kautschuk, derselbe Schwefel, dieselben mineralischen Stoffe und nur in verschiedenen Verhältnissen verwendet?

H. D. E. Douty: Bezieht sich die Frage auf die gewöhlinchen Proben?

H. W. A. Powers: Auf die gewöhnlichen Proben.

H. D. E. Douty: Darüber können wir nicht berichten. Wir bekommen sie alle von den Fabrikanten. Sie verwechseln unsere regelmäßigen Prüfungen mit meinen Bemerkungen über die Alterungsproben, die wir in Ausführung haben. Für die dazu verwendeten 22 Kautschukarten kennen wir den Prozentsatz von rohem Gummi, Schwefel und mineralischen Stoffen. In den übrigen Bestandteilen sind die Kautschukarten ganz gleich, sie sind alle mit der gleichen Mischwalze unter ganz gleichen Bedingungen hergestellt.

H. W. A. Powers: Jeder einzelne verwendete Stoff also in gleicher Qualität?

H. D. E. Douty: In gleicher Qualität.

H. W. A. Powers: Danke! Haben Sie auch einen Apparat für Ringproben?

H. D. E. Douty: Im Bureau of Standards Laboratory nicht. Wir sind daran, für solche Proben eine Maschine nach unserem eigenen Entwurf zu bauen. Die Ringproben, die wir ausgeführt haben, machten wir auf einer dem Regierungs-Departement gehörigen Schopper-Maschine.

H. W. A. Powers: Ist das dieselbe Maschine, über die Prof. Memmler berichtet hat?

H. D. E. Douty: Dieselbe.

H. W. A. Powers: Dann können vielleicht Vergleichswerte festgestellt werden, um die Ergebnisse der Ringprobe auf die der Streifenprobe und umgekehrt umzurechnen.

H. D. E. Douty: Wir haben sie in dem Bericht für die von uns studierten Versuchsreihen gegeben.

H. F. Gottsch: Haben Sie, Herr Prof. Memmler, Versuche über die Eigenschaften des Kautschuks in Beziehung zum Kautschuk-

Digitized by Google

gehalt, gemessen nach dem Volumen und nicht nach dem Gewicht, angestellt?

H. Prof. Memmler: Wir haben derartige Versuche noch nicht gemacht, und ich bezweifle auch, ob es möglich sein wird, nach dieser Richtung hin mit Kautschuk systematische, mechanische Prüfungen auszuführen, denn es wird sehr schwer sein, alle die Komponenten, die aus der Zusammensetzung einer Gummimischung heraus die Festigkeit beeinflussen können, so gleichmäßig zu halten, daß man wirklich vergleichbare Ergebnisse erzielt. Das wäre jedenfalls eine sehr mühsame Arbeit. Die Versuche hätten den Einfluß des Gehaltes an Kautschuk, an organischen und anorganischen Zusatzstoffen u. a. zu bestimmen. Eine diesbezügliche systematische Arbeit würde einen solchen Umfang annehmen müssen, daß wahrscheinlich wir, und unsere Kinder und Kindeskinder mit dieser Arbeit nicht fertig werden würden. Solche Fragen können nur von Fall zu Fall beantwortet werden.

H. F. Gottsch: Prof. Memmler hat meine Frage nicht verstanden. Meine Frage ist folgende: Wenn Prof. Memmler eine Probe mit einem Stück einer Kautschukmischung macht, welche 60% Kautschuk dem Gewicht nach enthält, so ist dieser Gehalt nicht 60% dem Volumen nach. Bei einem Gehalte von 60% Kautschuk dem Gewichte nach, angenommen es wäre vulkanisierter Kautschuk, und zwar gänzlich vulkanisierter, beträgt der Gehalt an mineralischen Stoffen 40%. Ist dieser mineralische Stoff Baryt, so ist der Anteil dieser 40 Gewichtsteile dem Volumen nach nur 1. Wenn es Kalk ist, so ist der Volumenanteil ein anderer. Ich will damit nur betonen, daß die 60% Kautschuk mit 40% Baryt nicht dieselbe Mischung mit gleichen Eigenschaften ergeben, als 60% Kautschuk mit 40% Kalk gemischt. Folglich ist es von Wichtigkeit, bei diesen Dehnungs- und Festigkeitsproben den prozentuellen Gehalt des Kautschuks als des wichtigsten Bestandteils dem Volumen nach und nicht dem Gewichte nach zu kennen.

H. Prof. Memmler: Ich habe die Frage vorhin auch schon verstanden. Sie wollten wissen, ob ich Gummimischungen mit einem bestimmten Gewichtsgehalt von Gummi geprüft habe und sie verglichen habe mit Gummisorten mit bestimmtem Volumengehalt an Gummi. Daraufhin habe ich geantwortet, daß es nicht möglich sein wird, eine derartige Frage systematisch zu beantworten, weil zu viele Komponenten in Betracht zu ziehen wären. Es wird beispielsweise schon gar nicht gleichgültig sein, welche Art Naturprodukt Sie nehmen. Wollen Sie also diese Frage systematisch beantwortet haben, dann

Digitized by Google

müßten Sie Versuche mit sämtlichen Naturkautschuken und neuerdings auch womöglich mit synthetischem Kautschuk machen und das dürfte doch wohl zu weit führen.

H. D. E. Douty: Ich glaube, die beste Antwort auf die von Herrn Goodrich aufgeworfene Frage ist, daß der Fabrikant seine Mischungen dem Gewichte nach zusammensetzt, und ich zweifle, daß wir ihn überreden könnten, jedesmal, wenn er eine Mischung macht, das spezifische Gewicht zu bestimmen, um das Volumen seines Materials festzustellen. Solange er seine Mischung dem Gewichte nach macht, müssen wir auch die Bestandteile nach Gewicht kennen, da wir sie doch auch nach Gewicht und nicht nach Volumen spezifizieren.

H. F. Dannerth: Wie unterscheiden sich die Rezepte für die Herstellung der 22 Proben, die zu den Alterungsproben dienten. Habe ich richtig verstanden, daß der Kautschukgehalt in allen Fällen gleich und nur die Zusätze verschieden waren?

H. D. E. Douty: Sowohl die Zusammensetzung als auch Herstellungsart wurde verändert, und zwar in einer ganz bestimmten, von uns gekannten Weise, damit die Wirkung der Veränderungen auf die Festigkeit bestimmt werden konnte.

H. D. E. Douty bittet den Präsidenten, die Diskussion zu schließen, da diese in eine persönliche Aussprache auszuarten beginnt über Fragen, die besser in persönlichen Erörterungen erledigt werden könnten.

Präsident Merriman hofft die Versammlung mit der Anregung Doutys einverstanden und schließt die Diskussion. Er macht Mitteilung, daß die Anträge morgen nachmittags vom Komitee für Anträge in Behandlung gezogen werden.

(Präsident Merriman übermittelt eine Einladung zum Besuch des Woolworth Building für Freitag.)

Präsident Merriman setzt die vorhin wegen Abwesenheit der Autoren zurückgesetzten Berichte auf die Tagesordnung. Vor allen den Bericht des Herrn Dr. F. W. Hinrichsen: „Bericht über den gegenwärtigen Stand der Kautschukanalyse" ($XXII_1$).

(Der Bericht gibt eine Übersicht der gebräuchlichen Analysen für Rohkautschuk und vulkanisierten Kautschuk und zeigt die Unvollkommenheit der benutzten Verfahren. Zur Ermittlung des Kautschukgehaltes können nur indirekte Methoden angewandt werden, die direkten haben sich als nicht verläßlich erwiesen. Die größten Schwierigkeiten bot in dieser Beziehung der vulkanisierte Kautschuk. Der Autor skizziert ein Verfahren zur Analyse dieses Materiales und empfiehlt diese durch physikalische und mechanische Prüfungen zu ergänzen.)

Digitized by Google

Zu diesem Berichte liegt nachstehender schriftlicher Diskussionsbeitrag von H. B. Rodman vor.

H. H. B. Rodman (schriftlicher Beitrag): Am 7. Dezember 1911 wurde über das Thema „Kautschukisolierung" bei der „New York Central Railroad" eine Konferenz abgehalten. Es wohnten derselben Vertreter des „Signal Corps", der Armee der Vereinigten Staaten, der New Yorker Zentral- und der Pennsylvania-Eisenbahnen und zahlreiche Fabrikanten und Chemiker bei.

Es wurde eine Kommission ernannt, welche die Aufgabe hatte, Bedingnisse und ein Verfahren für eine einheitliche Analyse einer 30%igen Kautschukisolierung bester Sorte aufzustellen. Die Kommission hielt mehrere Sitzungen ab. Die Mitglieder haben verschiedene Proben von Isoliermassen analysiert und hoffen darüber in der Hauptkonferenz in kurzer Zeit berichten zu können. Die jüngst ernannte Kommission wurde in ihrer Arbeit durch alle Kautschukinteressenten, sowohl Fabrikanten, als auch Sachverständige einschließlich dem Bureau „of Standards" sehr unterstützt. Es ist zu erwarten, daß dieser Bericht die in diesem Lande vorhandene so reiche Kenntnis auf diesem Gebiete in sich vereinigen wird. Bei der chemischen Analyse wird der Gehalt an Kautschuk und dessen Qualität bestimmt werden, um so minderwertige Sorten ausschließen zu können.

Der Sekretär dieser Kommission ist Mr. Wm. A. Del Mar, Room 4149, 70 East 45 St., New York.

H. H. B. Rodman stellt im Anschluß an diesen Beitrag folgende Fragen:

Wenn wir die Acetone aus einem hochgradigen vulkanisierten Gemisch extrahieren wollen, welche Abmessungen des Extraktions-Apparates würde Prof. Hinrichsen empfehlen?

Wie genau müssen diese Abmessungen eingehalten sein, um eine gute Kontroll-Analyse zu erhalten?

Gibt es eine maximale Größe, über welche hinaus keine nennenswerte Veränderung in dem Maß der Extraktion zu verzeichnen ist?

Präsident: Die beiden anderen übergangenen Berichte lauten: „Grundsätze für die Organisation des öffentlichen Materialprüfungswesens" ($XXIX_1$) von Prof. Dr. A. Martens.

(Der Autor bespricht die Aufgaben eines öffentlichen Materialprüfungsamtes und betont, daß dieses zwar vom Staate unterhalten, aber von den interessierten technischen Staatsbehörden ebenso unbeeinflußt bleiben soll, wie von den übrigen Interessenten. Das Amt soll jedoch seine Arbeiten nicht unentgeltlich

Digitized by Google

leisten, es sollen diese auch demjenigen in Rechnung gestellt werden, der den Nutzen davon hat. Der Autor erörtert schließlich die innere Organisation, die in Gliederung des Amtes in mehrere Abteilungen unter Leitung eines Direktors bestehen soll.)

„Das österreichische technische Versuchsamt" ($XXIX_3$) von E. Reitler.

(Das im Jahre 1910 für Österreich geschaffene technische Versuchsamt hat die Aufgabe, das öffentliche Versuchs- und Prüfungswesen Österreichs im weitesten Sinne zu fördern und die öffentlichen staatlichen und privaten Anstalten zu kontrollieren. Diese Kontrolle besteht in der Zuerkennung des Rechtes, Zeugnisse über die Ergebnisse dieser Prüfungen auszustellen, die als „öffentliche Urkunden" anzusehen sind. Der Autor bespricht die sonstigen Aufgaben des Amtes und seine Organisation.)

H. Prof. K. Memmler: Die Vorlage des Herrn Geheimrates Martens, die wir gerade behandeln wollen, ist nicht für eine Diskussion bestimmt. Herrn Martens ist von dem Organisationskomitee gebeten worden, eine Vorlage, die aus seiner Erfahrung heraus einen kurzen Überblick über die zweckmäßigste Organisation eines Materialprüfungsamtes gibt, einzureichen und hat diesem Wunsche durch diese Vorlage entsprochen. Sie wird, da sie sich in den Händen der Kongreßmitglieder befindet, ihren Zweck erfüllt haben, wenn Sie sie gelegentlich durchlesen.

H. E, Reitler: Mit meiner Mitteilung wollte ich nur die Kreise des Verbandes auf die gesetzliche Regelung des öffentlichen Versuchswesens aufmerksam machen, die zum ersten Male in Österreich durchgeführt wurde. Diese Verwaltungsmaßregel ergab sich als teilweise Durchführung jener Anregungen, die Exz. Dr. Exner auf dem Kopenhagener Kongress entwickelt hat.

Der Präsident vertagt hierauf die Versammlung auf Freitag, 9 Uhr vormittags.

Freitag, den 6. September 1912, vormittags.

Präsident Talbot eröffnet um 9 Uhr 30 Min. die Sektionssitzung.

Präsident Talbot: Den ersten Bericht der heutigen Sitzung bildet der Bericht der Kommission 52 „Benennung einiger technischer Begriffe" ($XXVIII_1$) vom Kommissionspräsidenten A. Mesnager.

(Prof. Mesnager weist in dem Berichte auf die Schwierigkeiten hin, die das Verstehen materialtechnischer Werke infolge der mangelnden Differenzierung, bzw. Klarstellung der Ausdrücke für verschiedene technische Begriffe [wie Gesamt-

Digitized by Google

kraft und spezifische Kraft, Reibung und Spannung] macht und legt die Anträge der Kommission vor.)

H. Prof. A. Mesnager legt den Bericht vor. Die Kommission hat sich mit der Feststellung einiger technischer Benennungen befaßt und ist zu folgenden Anträgen gelangt:

1. Es sollen für die Bezeichnung der Gesamtkraft oder absoluten Kraft die Worte vorbehalten bleiben:

im Französischen: Force, effort (de traction, de compression, de cissaillement);

im Deutschen: Kraft, Zugkraft, Druckkraft, Schubkraft oder Scherkraft;

im Englischen: Force, Load (Tension, Compression, Shear), Pull and Thrust.

2. Man bezeichne als Kraft, bezogen auf die Flächeneinheit:

im Französischen: Tension, pression, cissaillement (tension normale, pression normale, tension tangentielle);

im Deutschen: Zugspannung, Druckspannung, Schubspannung;

im Englischen: Tensile stress, Compressive stress, Shearing stress.

Die Worte frottement intérieur, innere Reibung, internal Friction sind ausschließlich für die Bezeichnung der Spannung parallel zur Gleitfläche und entgegengesetzt zur Gleitrichtung anzuwenden.

Wir bedauern, keine vollständigere Liste von Benennungen geben zu können, aber die im Antrage sind die einzigen, bezüglich derer wir einig geworden sind. Wir hoffen, daß wir, wenn Sie diesen Antrag annehmen, dem nächsten Kongreß eine längere Liste werden vorlegen können.

Präsident Talbot eröffnet die Diskussion. Da sich niemand meldet, wird der Antrag dem Resolutionskomitee zugewiesen.

Präsident Talbot: Als nächster Bericht gelangt der Antrag des Herrn Prof. B. Kirsch auf „Überprüfung der vom IV. Kongreß empfohlenen Prüfungsverfahren" (XXX_1) zur Verhandlung.

(Prof. Kirsch weist auf die Unstimmigkeiten und Mängel in den vom Brüsseler Kongreß 1906 empfohlenen Prüfungsverfahren hin und beantragt eine Kommission zu deren Überprüfung.)

H. Prof. B. Kirsch: Ich setze voraus, daß Ihnen die Verfahren zur Prüfung von Metallen und Legierungen, von hydraulischen Bindemitteln und von Holz, welche von dem Kongresse in Brüssel beschlossen worden sind, bekannt sind.*) Ich werde zunächst den Antrag, welchen ich stellen will, kurz begründen.

Die Verfahren zur Prüfung von Metallen und Legierungen waren die ersten, die beschlossen wurden. Später erst wurden die Vorschriften über hydraulische Bindemittel und die von Holz hinzugefügt. Bei dem

*) Im Buchhandel erschienen bei Fr. Deuticke, Leipzig und Wien 1907, 1 Mk.

Digitized by Google

Bestreben nach Vereinheitlichung der Methoden war zunächst festzustellen, welche Vorsichtsmaßregeln einzuhalten sind, wenn mit den Festigkeitsmaschinen gearbeitet wird. Da hat man also damit angefangen, unter „Allgemeines" (I) die Vorschriften zusammenzustellen, welche bei Festigkeitsprüfungen eingehalten werden sollen, gleichviel ob es sich um Metalle oder Steine oder Holz oder hydraulische Bindemittel handelt. Da findet sich das, was die Genauigkeit der Maschinen betrifft, wie oft sie geprüft werden sollen, ob sie überhaupt geprüft werden sollen, wie sie protokolliert werden sollen usw.

Dann folgen die Verfahren für Festigkeitsversuche unter II. Obwohl nun auch die hydraulischen Bindemittel und das Holz einer Anzahl von Festigkeitsversuchen unterzogen werden, so finden sich doch keine Angaben in den Vorschriften für hydraulische Bindemittel und Holz, wie die bei Metallen unter II. Es war also zwar nicht ausgesprochen, aber stillschweigend angenommen, daß sich die Vorschriften II für Metalle auch auf hydraulische Bindemittel und Holz beziehen. Diese drei Arten von Verfahren, für Metalle und Legierungen, für hydraulische Bindemittel und für Holz sind also nicht unabhängig voneinander; in den beiden letzteren müßte mindestens ein Hinweis auf die unter I und IIA gegebenen Vorschriften enthalten sein, der die Gültigkeit dieser Paragraphen auch für diese zwei Materialien ausdrückt. Wenn auch nicht eine grundlegende Veränderung vorgenommen werden soll, eine gewisse Reform ist doch wünschenswert. Die Änderungen, die ich mir denke, sind nicht von internationaler Bedeutung. Sie sind mehr redaktioneller Art, doch haben sich immerhin direkte Unrichtigkeiten eingeschlichen, und ich möchte auf einige derselben aufmerksam machen.

Die Notwendigkeit einer Revision in den „Verfahren", die wir in Brüssel endlich durchzusetzen das Glück hatten, bedarf eines gründlichen Nachweises. Ich kann nicht hier von Paragraph zu Paragraph vorgehen, aber ich halte es für meine Pflicht, wenigstens ein paar schlagender Beweise zu bringen.

Die Verfahren für Metalle und Legierungen zerfallen in zwei Abschnitte, b) bei stoßfreier Beanspruchung und c) bei stoßweiser Beanspruchung.

Der Paragraph 10: „Für die hauptsächlich zu Konstruktionszwecken verwendeten Metalle soll die Versuchsgeschwindigkeit eine mäßige sein, da sonst deren Einflüsse merkliche werden", soll, beiden Abschnitten b) und c) vorangestellt, also auch für stoßweise Belastung

Digitized by Google

gelten. Das ist ein Widerspruch. Der Paragraph gehört nur unter b), wo die stoßfreien Versuche besprochen werden; hier ist also eine Korrektur notwendig. Ferner möchte ich darauf aufmerksam machen, daß der Begriff der Streckgrenze reformbedürftig ist. Dieselbe wird definiert als jene Grenze, bei welcher eine bleibende Dehnung von 0·2% zustande kommt. Das gilt natürlich nur von Metallen. Diese Grenze kann aber nur bei fortwährender Entlastung erhoben werden. Es ist aber undurchführbar, die massenhaften Zugversuche unter beständigen Entlastungen auszuführen. Ich halte also auch den § 30 für reformbedürftig. Ich will nicht zu sehr in Einzelheiten eingehen, aber zwei wichtige Punkte möchte ich doch noch anführen. Zunächst ist der Abschnitt § 12, 13 und 14, der sich auf eine Einspannung mit Kugellagerungen bezieht, auf unrichtigen Voraussetzungen aufgebaut. Wir haben alle gefunden, daß es bei Zug- und Druckversuchen notwendig ist, die Probestücke richtig in die Achse der Maschine zu bringen, Wenn wir die Voraussetzung machen, daß die Gesamtkraft der Maschine sich über den ganzen Querschnitt bei zentrischer Kraftwirkung gleichmäßig verteilt, so muß der Stab achsial in die Maschine gelegt werden, um gleichmäßige Spannung voraussetzen zu können.

Die §§ 12, 13 und 14 drücken den Gedanken aus, daß die Kugellagerung nur den Zweck hat, dem Probestücke zu ermöglichen, sich selbst zu zentrieren. Dies möchte ich doch etwas näher erläutern. § 13 verlangt freie Beweglichkeit der einen Druckplatte, offenbar deshalb, damit ein Probekörper mit ebenen, aber nicht parallelen Druckflächen doch noch eine gleichmäßige Verteilung der Belastung erhalten könne, indem die freie, in der Kugel bewegliche Druckplatte sich selbst beim Druckbeginn satt auflegt. Hierbei legt sich zuerst nur eine Kante an die bewegliche Druckplatte und sofern diese Kante nicht durch den Mittelpunkt der Kugeldruckfläche geht, kann auch ein Drehmoment zustande kommen; freilich unter beträchtlicher Reibung in der Kugelfläche, wodurch ein exzentrischer Druck zustande kommt. Geht aber diese obengenannte Kante durch den Mittelpunkt der Kugeldruckfläche, so dreht sich die Kugel überhaupt nicht. Was aber noch viel störender wirkt, das ist die Gleitung dieser Kante des Probestückes auf der Druckfläche des Kugellagers während der Drehung desselben. Es bedarf eines bedeutenden Druckes auf die Kante, um diese seitliche Bewegung zu ermöglichen. Je nach dem Reibungswinkel kann diese seitliche Bewegung unmöglich werden und damit ist die Drehung des Kugellagers auch unmöglich.

Digitized by Google

Die Selbsteinstellung des Kugellagers bei Zugproben ist direkt unmöglich, da, je näher die Lage des Stabes der zentrischen Lage kommt, das Drehmoment immer kleiner wird. Ein endliches, wenn auch kleines Reibungsmoment kann an kleinem (zuletzt gleich Null werdendem) Hebelarm nur durch sehr große (zuletzt unendlich große) Kräfte geleistet werden.

Kugellager können nur den Zweck haben, etwas ungenaue Probekörper doch zentrisch in die Maschine legen zu können und gleichförmige Verteilung der Maschinenkraft zu ermöglichen. Die Selbsteinstellung der Probekörper ist unmöglich.

Der § 14 ist nach dem Gesagten unrichtig.

Auch § 9 ist ein solcher, der sehr zu denken gibt. Wir wissen oft nicht, wozu die Materialien werden verwendet werden. Wir prüfen Nieteisen auf Zugfestigkeit, nicht auf Abscherung. Wir können den § 9 nicht einhalten und deshalb ist dieser Paragraph auch revisionsbedürftig. Es gibt also eine ganze Reihe von Vorschriften, die eine Revision nötig erscheinen lassen. Ich möchte vorschlagen, daß eine Kommission eingesetzt wird, die lediglich einen Vorschlag zu bearbeiten hätte, welche Paragraphen zu verbessern wären und in welcher Weise.

H. E. Camerman: Herr Professor Kirsch hat einen Antrag auf Ernennung einer Kommission gestellt, die sich mit der Revision der auf dem Brüsseler Kongreß 1906 ausgearbeiteten Vorschriften für die Erprobung von Metallen und Legierungen, hydraulischen Bindemitteln (liants) zu befassen und eventuelle Abänderungen dem nächsten Kongreß vorzuschlagen hätte.

Ich ersehe aus dem Beifall, den seine Ausführungen fanden, daß Sie mit seinem Vorschlag einverstanden sind und ich glaube der Dolmetsch der ganzen Versammlung zu sein, wenn ich denselben unterstütze.

Es ist klar, daß jene Grundsätze, die wir vor vielen Jahren in Vorschlag gebracht haben, keine unveränderlichen sind. Es würde dies ja den Gesetzen des Fortschrittes widersprechen. Aber ich möchte noch weiter gehen, indem ich wünsche, daß sich die Revision nicht nur auf die in Brüssel empfohlenen Methoden erstrecken möge, sondern daß eine Kommission gewählt werden möge, um alle Methoden zu revidieren und insbesondere auch jene, die von alten, heute bereits aufgelösten Kommissionen herstammen.

Soweit es sich um Materialien handelt, die den Gegenstand des Studiums von heute noch bestehenden Kommissionen bilden, könnte

Digitized by Google

die neue Kommission diesen ihre Beobachtungen zur Kenntnis bringen

H. Prof. B. Kirsch: Mit den Prüfungsverfahren haben sich mehrere größere Kommissionen beschäftigt: eine Kommission von Spezialisten für Metalle und eine Kommission von Spezialisten für hydraulische Bindemittel usw. Ich glaube, da es sich nur um Revision weniger Punkte handelt, sollte nur eine kleine Kommission eingesetzt werden. Eine allzu große Kommission wäre schwerfällig. Die früheren Kommissionen sind erloschen. Die Wahl selbst ist jedenfalls wie üblich dem Vorstande zu überlassen.

H. Prof. A. Mesnager: Ich möchte ums Wort gegen diesen Antrag bitten. Ich habe mit Freude die Anerkennung vernommen, die der Arbeit von Prof. Kirsch gezollt wurde. Er besitzt die erforderlichen Fähigkeiten, vor denen ich gerne meine Hochachtung bezeige; aber ich kann mich seinen Schlußfolgerungen nicht anschließen.

Herr Camerman hat eine Erweiterung des Vorschlages beantragt.

Es scheint mir aber, daß wir nie zu etwas Bleibendem gelangen werden, wenn wir alles immer wieder in Frage stellen. Wir haben eine gewisse Anzahl von Regeln, die nicht vollkommen sind und die von Zeit zu Zeit wieder nachgeprüft werden sollen, ich meine aber, daß wir diese Revision nicht eher vornehmen sollen, als bis wir irgendwelche Mängel wahrnehmen. Jedesmal wenn jemand von uns von Mängeln oder Irrtümern Kenntnis erhält, möge er seine Beobachtungen dem nächsten Kongreß zur Kenntnis bringen und verlangen, daß eine Kommission mit deren Revision betraut werde. Ich bin aber gegen eine permanente Revisionskommission mit zu weitgehenden Befugnissen.

H. Prof. Kirsch hat die Schwierigkeiten angeführt, die sich bei der automatischen Zentrierung der Probestäbe bieten können. Ernennen wir eine Kommission, die sich mit der Frage zu beschäftigen hat, aber nicht eine Kommission, die beauftragt wird, alles zu revidieren, weil wir dann nie etwas Stabiles haben werden.

Herr Camerman erwähnte, daß man sich vielleicht nicht genügend mit den Ergebnissen der alten Kommissionen befasse. Das ist ein Punkt, den man dem Generalsekretär zur Kenntnis bringen sollte. Man könnte ihn ersuchen, alle alten Arbeiten, die die früheren Kongresse geleistet haben, zu veröffentlichen, so daß ein jeder von uns über alles am Laufenden wäre und alle nützlichen Elemente zur Hand hätte.

Digitized by Google

H. Prof. F. Schüle: Die in Brüssel angenommenen Versuchsmethoden stellen offenbar einen Kompromiß dar, der den Zweck hatte, die Arbeiten einer Kommission provisorisch zu schließen und es ist ja gewiß, daß einige Punkte einer Revision unterzogen werden könnten. Herr Prof. Kirsch hat dieselben gezeigt, aber die Ernennung einer Kommission wäre nicht zu rechtfertigen, die eine Aufgabe hätte analog jener, deren Arbeitsergebnis die in Brüssel angenommenen Methoden war. Es hieße eine wenig vorteilhafte Arbeit leisten, wollte man ein neues Organ schaffen, dessen Aufgabe nicht genau definiert wäre und das höchstens sehr zweifelhafte Resultate zu liefern vermöchte.

Ich halte den Vorschlag des Herrn Mesnager für eine gute Lösung der Frage. Wenn Fehler bestehen, dann möge man sie detailliert angeben, und sie allenfalls dann einer Kommission zur Prüfung unterbreiten.

H. Prof. B. Kirsch: Wenn wir von dem Standpunkte ausgehen, daß es sich hier um ein schwer erkämpftes Kompromiß handelt, und wir es deshalb für unzweckmäßig halten sollen, jetzt eine neue Kommission einzusetzen, so verstehe ich das nicht. Es ist ganz zweifellos, daß gewisse Punkte in den Vorschriften einer Korrektur bedürfen. Ich glaube, das habe ich genügend durch Beispiele bewiesen. Ich versichere, daß es noch mehr solcher Punkte gibt. Diese Punkte müssen herauskommen. Die Art und Weise, wie dies zu machen wäre, kann verschieden sein. Es kann aber jedenfalls nicht ein einzelner machen. Auch die frühere Kommission nicht. Eine Anzahl Fachleute müssen beisammen sitzen, die darüber entscheiden, ob man bestimmte Paragraphen als unrichtig verbessern soll oder nicht. Es muß ein Weg gefunden werden, diese Unrichtigkeiten herauszubringen, ganz gleich, ob dies ein Kompromiß war, der notdürftig zustande kam. Wir können aber nicht dulden, daß solche Unrichtigkeiten darin sind, und ich möchte daher die Anregung hier geben, daß eine Kommission gewählt wird, die diese Unrichtigkeiten herausbringt. Sollte ich unrecht haben, so möchte ich, daß man es mir beweist. Es ist keine große Arbeit zu leisten, aber sie ist zu leisten. Welchen Weg Sie einschlagen wollen, ist mir gleichgültig. Ich glaube, daß der Vorschlag des Herrn Mesnager nicht der richtige ist. Es genügt vollständig, wenn man so vorgeht, wie ich vorschlug. Wenn Sie an dem Wort „Revision" Anstoß nehmen, so lasse man es aus und beantrage:

Es möge eine Kommission eingesetzt werden, welche für die auf dem Kongreß in Brüssel 1906 empfohlenen Verfahren zur Prüfung

Digitized by Google

von Metallen und Legierungen, von hydraulischen Bindemitteln und von Holz mit Rücksicht auf die seither gemachten Erfahrungen eventuelle Änderungen auf dem nächsten Kongreß zu beantragen hätte.

H. E. Camerman: Ich habe mich dem Vorschlag des Herrn Prof. Kirsch in betreff der Schaffung einer Kommission zur Revision angeschlossen.

Herr Prof. Mesnager zeigt uns nun einen anderen Weg, nicht mittels einer Kommission, sondern individuell zu arbeiten. Im großen und ganzen besteht kein bedeutender Unterschied zwischen den beiden Anträgen. Nach Prof. Kirsch wäre es die Kommission, die eine Revision durchzuführen hätte; nach Prof. Mesnager könnte jedes einzelne Mitglied jene Abänderungsvorschläge machen, die es für angezeigt hält.

Wenn ich mich dem Vorschlage des Prof. Kirsch angeschlossen habe, so geschah dies deshalb, weil die individuelle Behandlung nach dem heutigen Stande unserer Organisation, wo die einzelnen Elemente so zerstreut sind, fast unmöglich ist; wenn aber Prof. Mesnager bei der Zentralorganisation erreicht, daß die verschiedenen Bestimmungen in einer Sammlung vereinigt werden, von welcher jedes Mitglied seinen Vorteil ziehen könnte, dann würde die individuelle Behandlung in den Bereich der Möglichkeit rücken und ich würde unter diesen Umständen Herrn Kirsch vorschlagen, sich der Anschauung des Herrn Mesnager anzuschließen.

H. Prof. A. Mesnager: Ich schließe mich dem Vorschlag des Herrn Camerman um so lieber an, als ich selbst die Absicht hatte, vom Generalsekretariat des Verbandes die in Betracht kommende Publikation zu verlangen. Ich beantrage daher weiters:

„Daß das Generalsekretariat aufgefordert werde, sobald als möglich eine komplette Sammlung der von den Kongressen des Verbandes gefaßten Beschlüsse zu veröffentlichen." *)

So wird es jedem von uns möglich sein, sich über alle Punkte zu informieren. Ich wiederhole, daß ich nichts gegen die Ernennung einer Kommission habe; im Gegenteil, ich wünsche mit Prof. Kirsch die Ernennung einer Kommission, nur wird sich diese Kommission ausschließlich mit solchen Punkten zu befassen haben, die ihr als mangelhaft bezeichnet sein werden. Es ist unmöglich, diese Punkte in der Sektion

*) Die von dem IV. Kongreß empfohlenen „einheitlichen Verfahren", um die es sich hier handelt, sind im Buchhandel um 1 Mark (Deutsch bei F. Deuticke, Leipzig—Wien), zu haben. Anmerkung des General-Sekretärs.

Digitized by Google

zu erörtern. Über die bekanntgegebenen Mängel bin ich vorderhand nicht einmal mit H. Prof. Kirsch einig. Ich glaube z. B., daß man nach einem annehmbaren Plan die automatische Zentrierung der Probestäbe erreichen könnte. Es genügt, wenn beispielsweise Schuhe die Versetzung eines der beiden Enden senkrecht zur Achse ermöglichen würden.

Aber wir können hier darüber nicht diskutieren, weil es an Zeit dafür mangelt. Zu erkennen, ob ein angeblicher Fehler besteht oder nicht, ob darüber einige Worte zu wechseln sind, das ist Sache einer Kommission, die ja Zeit zum Diskutieren hat.

Ich beantrage daher die Ernennung einer Kommission mit genau begrenztem Wirkungskreis und außerdem die Veröffentlichung einer Sammlung unserer Kongreßbeschlüsse durch das Generalsekretariat.

H. Prof. B. Kirsch: Ich bin ganz bereit, meinen Antrag dementsprechend zu ändern. Ich verstehe vollständig, was Herr Mesnager verhüten will. Dieser Antrag, wie er früher gefaßt war, ist so allgemein gehalten, daß man vielleicht glauben könnte, es werden große Schwierigkeiten entstehen und die ganze Frage der Verfahren wieder von neuem aufgerollt. Nun, dies ist meine Absicht durchaus nicht. Ich will nur, daß die Unrichtigkeiten herauskommen. Ich habe nur einige genannt. Ich glaube, daß Herrn Mesnagers Absicht vollkommen entsprochen wird, wenn ich meinen Antrag in folgender Weise stelle:

Es möge eine Kommission eingesetzt werden, welche einen Vorschlag auszuarbeiten hätte, wie die auf dem Kongreß in Brüssel 1906 empfohlenen Verfahren zu ändern wären, wenn Rücksicht auf die bei den Kongreßverhandlungen gemachten Vorschläge des H. Prof. Kirsch genommen wird.

(Redner bespricht sich kurz mit den Herren Mesnager und Camerman.)

H. Prof. B. Kirsch (fortfahrend): Wir sind eigentlich vollkommen einig. Es muß eine Korrektur stattfinden. Der Weg, wie es zu geschehen hat, ist auch vollkommen klar, nur durch eine Kommission. Es kommt nun darauf an, welche Arbeit wir der Kommission überweisen. Sie soll zur Aufgabe haben, die von mir vorerwähnten Punkte zu studieren und einen Vorschlag zu unterbreiten, so daß meine Anregungen berücksichtigt werden. Die Kommission hat die Aufgabe, die von mir hier gegebenen Anregungen zu prüfen, die eventuelle Berücksichtigung derselben zu studieren und einen dahingehenden Vorschlag auszuarbeiten. Was Herr Mesnager will, ist, daß sich die Arbeit auf die von mir angezogenen Punkte beschränke.

Digitized by Google

H. Prof. A. Mesnager: Ich fürchte, daß wir die Diskussion zu stark ausdehnen. Ich glaube, daß es Sache des Resolutionskomitees sein wird, die beiden, nahezu ganz gleichen Anträge zu vereinigen und daß man die Diskussion beenden sollte, damit das Resolutionskomitee, das, wie ich höre, mittags zusammentritt, bereits in dieser Frage entscheiden kann.

Präsident N. Talbot: Wenn die Versammlung einverstanden ist, werden beide Anträge zur Vereinigung an das Resolutionskomitee abgetreten. (Zustimmung.)

Wir haben wohl der Diskussion über die Frage der Überprüfung der Prüfungsverfahren viel Zeit geopfert, aber es ist auch ein Gegenstand von großer Wichtigkeit.

Der nächste Bericht lautet: „Über eine neue Methode zum Vergleichen der Angaben von Prüfungsmaschinen" ($XXIX_4$) von F. Schüle und Ed. Brunner.

(Zur Prüfung der Genauigkeit von Prüfungsmaschinen bedient man sich kleiner Druckzylinder aus Kupfer oder Spannfedern etc. Eine einfachere Prüfungsmöglichkeit ergibt sich durch Verwendung von Holzplatten, die die besondere Eigenschaft besitzen, eine von der Form der Probe unabhängige konstante Druckfestigkeit zu besitzen. Die Autoren empfehlen zur Prüfung von Prüfungsmaschinen Probekörper von 4 cm Dicke und 7·22 × 7·22 cm Querschnitt, entnommen einem Prisma von an der Luft getrocknetem Rottannenholz. Die Vergleichung zweier Pressen von 30 Tonnen und einer Zerreiß- und Druckmaschine von 50 Tonnen mittels solcher Probekörper ergab für je 6 Proben eine Differenz von rund 2%. Die Vergleichung dreier Pressen von 30, 150 und 500 Tonnen ergab für je 14 Proben eine Differenz von 6 bis 8% zwischen dem höchsten und niedrigsten Druckfestigkeitswert. Die Autoren empfehlen schließlich als Vorsichtsmaßregeln die Wahl eines zirka 60 cm langen Prismas aus gut getrocknetem Nadelholz und die Anwendung von 5 bis 6 Probekörpern für jede der zu prüfenden Maschinen.)

H. Prof. F. Schüle legt den Bericht vor und gibt einen kurzen Auszug aus ihm.

H. Prof. B. Kirsch: Diese Publikation von Herrn Schüle war eine große Überraschung für mich. Es war besonders interessant, Holz für diese Versuche erwählt zu sehen, denn Holz gilt als ein sehr ungleichmäßiges Material wegen allerlei Einflüssen durch Astbildungen, Feuchtigkeit, Drehwuchs, Fäulnis usw. Die Versuchsergebnisse, die Herr Schüle anführte, sind aber vollkommen überzeugend. Ich muß offen gestehen, daß diese Ziffern deutlich genug sprechen und jedenfalls nach den veröffentlichten Ziffern zu urteilen, ist es ganz gut möglich, diese Prüfungen so auszuführen. Nur ein Bedenken möchte ich äußern. Nicht jedem wird es gelingen, ein geeignetes Holz zu finden. Vielleicht ist

Digitized by Google

dies in der Schweiz leichter, aber bei uns würde es Schwierigkeiten machen, und wer wird behaupten, daß die Abweichungen in den Ziffern nicht auf die Ungleichmäßigkeit des Holzes, sondern der Maschine zurückzuführen sind?

H. Prof. F. Schüle: Es ist möglich, daß man bei der Probe nicht auf einen Schlag zum Ziele kommt, aber man hat doch den Beweis für die Mög'ichkeit, ein einfaches Holzstück zum Prüfen der Maschine zu benützen. Natürlich kann die Probe nicht den Unterschied zwischen den Maschinen selbst anzeigen.

Präsident Talbot: Der Präsident meint, daß diese Methode zur Prüfung von Maschinen, die zur Erprobung kurzer Probestücke dienen, sehr geeignet ist. Für größere Maschinen, bei denen große Stücke erprobt werden, würde eine Stahlwage, die mit einem Extensometer zur Abmessung von Deformationen in Verbindung steht, sicherlich genauere Ergebnisse bieten. Ich möchte Herrn Professor Schüle fragen, ob er irgend eine Methode gefunden hat, die es ermöglicht, Holz so zu behandeln, daß damit Vergleiche zwischen Maschinen, die sich an verschiedenen Orten befinden, gemacht werden können. Wird die Differenz im Feuchtigkeitsgehalt des Holzes die Resultate verändern? Wenn dies der Fall ist, wäre die Möglichkeit gegeben, das Holz durch Anstrich oder anderweitigen Schutz vor plötzlichen Veränderungen des Feuchtigkeitsgehaltes zu bewahren?

Präsident Talbot: Soferne keine weitere Diskussion zu diesem interessanten Berichte verlangt wird, wollen wir zum nächsten Berichte übergehen. Er lautet: „Zur Frage der Reibung zwischen den parallelen Endflächen eines gedrückten Körpers und den Druckplatten" ($XXVIII_7$) von Prof. H. J. Hannover.

(Die Anschauung, daß Reibung auftritt, wenn ein Körper zwischen zwei parallelen Flächen gedrückt wird, wird vom Autor durch Versuche, die eine Gleitbewegung der Massenteile der gepreßten Probestücke entlang von Rutschkegeln ergaben, endgültig bestätigt.)

Präsident Talbot: Ist ein Vertreter für Herrn Prof. Hannover anwesend? Es ist dies nicht der Fall. Wir wollen daher die Verhandlung des Berichtes vorläufig verschieben und zum nächsten Berichte weiterschreiten. Es ist dies der Bericht über den „Unterschied zwischen der zähen und bildsamen Formänderung" ($XXVIII_3$) von Dr. W. Misángyi.

(Der Autor erörtert die verschiedenen Erscheinungen, die bei einer bleibenden Formveränderung auftreten, je nachdem man es mit zähem oder bildsamen Material

Digitized by Google

zu tun hat. Er kommt zu dem Schlusse, daß man zur Beurteilung der Materialeigenschaften die Zähigkeit und Bildsamkeit, die beide so grundverschiedener Natur sind, in Betracht ziehen soll.)

Präsident Talbot: Ist der Berichterstatter anwesend?

H. Prof. A. Rejtő: Der Bericht benötigt keine separate Behandlung, da mein Bericht dasselbe Gebiet betrifft. Ich bin jedoch jetzt noch nicht in der Lage, diesen vorzulegen, da ich die Schaubilder und Versuchsstücke nicht hier habe. Ich werde dies heute um 2 Uhr nachmittags tun.

H. M. Schuyler: Könnte der Bericht Hannovers „Über die Frage der Reibung zwischen parallelen Endflächen eines gedrückten Körpers und den Druckplatten" nicht jetzt diskutiert werden?

Präsident Talbot: Wir haben zwei Berichte wegen Abwesenheit der Autoren zurückgesetzt. Wenn es aber gewünscht wird, kann der Bericht des Herrn Professors Hannover schon jetzt in Verhandlung gezogen werden. Ich bitte Herrn Sekretär ihn vorzulegen.

Sekretär Moore gibt einen Auszug des Berichtes.

Präsident Talbot: Der Bericht steht zur Diskussion offen.

H. Prof. Schuyler: Ich habe eine besondere Art Lager für Druckversuche mit Zylindern aus Zementmörtel konstruiert. Obgleich diese Konstruktion ursprünglich dafür bestimmt war, einen vollkommenen Ersatz für das Kugellager und den „plaster Paris cap" abzugeben, haben sich Resultate gezeigt, die für die Frage der Reibung an den Enden der Druckstücke von besonderer Wichtigkeit sind. Der Apparat ist in Fig. 3 dargestellt und bedarf keiner besonderen Beschreibung; wir bemerken nur, daß er aus Stahl hergestellt wird und dazu dient, das Gummi-Diaphragma (A), welches den flüssigen Körper (B) einschließt und welche das Druckprobestück, wie ersichtlich, an ihrer oberen Fläche aufnimmt, zu halten.

Wenn das Probestück einer Druckbeanspruchung unterworfen wird, so wird diese durch das Diaphragma auf die Flüssigkeit übertragen. Der freie Spielraum um das Probestück beträgt weniger als einen Millimeter, aber unter dem Probedruck sucht sich das Gummi des Diaphragmas in diesen ringförmigen freien Raum hineinzudrängen.

Da das Gummi unabhängig von dem Spannungszustande, in dem es sich befindet, ein konstantes Volumen besitzt, so kann die ursprüngliche Spannung in dem Diaphragma berechnet werden aus der Kraft-Spannungs-Kurve und durch eine beiläufige Schätzung jenes Gummi-

Digitized by Google

volumens, das in den ringförmigen Spielraum hineingedrückt wurde. Diese Spannung beläuft sich auf nur wenige Pfunde.

Fig. 2.

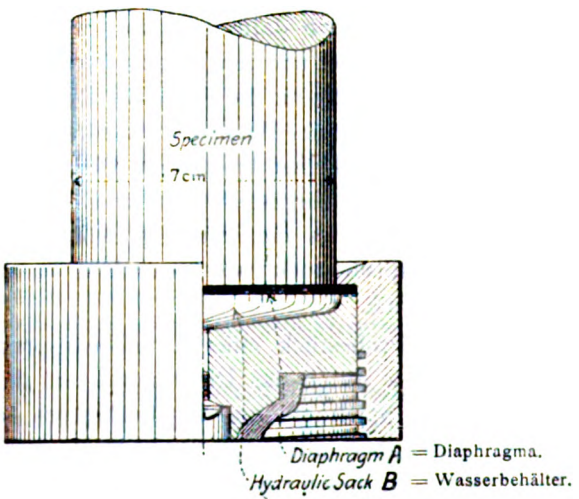


Fig. 3. Lager mit elastischem Diapragma.

Wenn dieser Apparat gebraucht wird, so finde ich, daß die charakteristische Art des Spaltens sich längs der ursprünglich vertikalen Ebenen

Digitized by Google

vollzieht, wie dies aus Fig. 2 ersichtlich wird. Die auf das Diaphragma wirkende Kraft ist nicht groß genug, um dies zu bewirken. Ich bin daher zu dem Schlusse gekommen, daß die Bildung von Kegeln am Ende der Druckprobestücke oder das Spalten solcher Proben in einer diagonalen Ebene für die Druckprobe nicht charakteristisch ist, sondern nur ein Anzeichen einer Endreibung. Dieser Schluß wird noch weiters durch die Tatsache gestützt, daß, wenn nur ein solches Lager benützt wird, dennoch oft ein rudimentärer Kegel an dem entgegengesetzten Ende gefunden wird.

H. Prof. A. Rejtő: Die Versuchsergebnisse, die uns Herr Mort. Schuyler mitteilte, sind sehr interessant. Der Grund des Spaltens des Versuchsstückes liegt meiner Meinung nach in der angewendeten Kautschukplatte. Diese Platte ist zwischen dem Versuchskörper und dem Wasserdrucke eingebettet und muß eine Deformation erleiden. Da aber dünne Platten sich nur bei ungleich verteiltem Druck deformieren, so ist auch in diesem Falle die Kraft in der Mitte größer. Dies und die Gleitung der Gummiplatte an den Auflageflächen bringt eine ungleiche Kraftverteilung am Probekörper hervor, infolgedessen kann das Gleiten entsprechend den Gleitflächen nicht zur vollen Geltung kommen. Dieselbe Erscheinung tritt bei harten Steinen hervor, wenn man selbe bei Anwendung dünner Blei-Unterlagen drückt.

H. Mont. Schuyler: Zwischen den zwei hier besprochenen Methoden besteht eine große Verschiedenheit. Bei der einen kann sich das Blei frei bewegen. Bei der anderen kann sich das Gummi nicht frei bewegen, sondern wird zwischen zwei Stahlstücken festgehalten. Wenn das Probestück nicht ganz zentral gelegt wird, so wird das Gummi manchmal hier ein wenig mehr hervortreten. Es ist auch dann leicht, die Gummimasse abzuschätzen, und da wir wissen, daß Gummi gleichgültig, ob es gestreckt oder gepreßt wird, stets gleiches Volumen wie in ungestrecktem Zustande besitzt, so können Sie sich leicht vorstellen, welche zerstörende Kraft diese Bewegung des Gummis, um den lichten Raum auszufüllen, erfordert. Wir haben dies bei den Diaphragmen, die wir benützt haben, berechnet und herausgefunden, daß diese Kraft sehr klein ist. An der Außenseite beläuft sie sich höchstens auf 2—3 lbs. Das heißt, es bedarf nur einer Kraft von 1 bis 2 kg, um das Diaphragma so zu drücken, daß genügend Gummi herbeigezogen wird, um ein Volumen gleich der absorbierten Menge an Gummi zu füllen, was unendlich geringfügig ist im Vergleiche zum Druck des Probestückes.

Digitized by Google

H. Rinald ersucht um einige Aufklärungen an Hand der Zeichnung.

H. Mont. Schuyler gibt dieselben.

H. Prof. A. Rejtő: Ist die angewendete Platte dünn?

H. Mont. Schuyler: Eine dünne Platte.

H. Prof. A. Rejtő: Nun, wenn dies eine sehr dünne Platte ist, so muß man in Betracht ziehen, daß solche, abgesehen von ihrer Beschaffenheit, bei gleichmäßiger Kraftverteilung keine Deformation erleiden. Es ist notwendig, daß in der Mitte eine höhere Spannung sei. Diese bringt das Gleiten der Platte, und hiedurch das Spalten des Versuchsstückes hervor. Die Erscheinung, die H. Mont. Schuyler mitteilte, ist wieder ein Beweis dafür, daß eine dünne Platte die Kraft nicht gleichmäßig zerteilt.

H. Mont. Schuyler: Ich möchte die Diskussion im Interesse der Anwesenden nicht lange ausdehnen. Der Druck des Wassers ist natürlicherweise gleichmäßig verteilt. Es hat nun die Tendenz, auf den Kautschuk zu wirken und dieser dringt in den offenstehenden Raum.

H. Prof. A. Rejtő glaubt, daß die Platte Ausbauchungen erhält.

H. Mont. Schuyler: Die Platte kann keine Ausbauchungen erhalten, da der Druck pro Flächeneinheit an allen Stellen gleich ist.

H. Prof. A. Rejtő: Nicht vollständig.

H. Mont. Schuyler: Vollständig, da es sich hier doch um einen hydrostatischen Druck handelt.

H. Prof. A. Rejtő: Der gesamte hydrostatische Druck überwindet zwei verschiedene Widerstände, d. h. die innere Reibung der Gummiplatte und die Beschleunigung der gleitenden Gummiteilchen. Da erstere gegen die Mitte zu wächst, vermindert sich letztere.

Präsident Talbot schließt die Diskussion. Er teilt mit, daß die Herren Gram und Jacobsen, zwei Mitglieder der Kommission 39, einen Gegenantrag zu dem Auflösungsantrage dieser Kommission eingebracht haben.

Sekretär Moore verliest den Antrag. Er lautet:

Der Kongreß beschließt, daß die Kommission 39 (Grundlagen der Lieferungsvorschriften für Öle) bestehen bleiben und so bald wie möglich ihre Arbeiten aufnehmen möge.

Präsident Talbot: Der Antrag wird dem Resolutionskomitee zugehen. Es liegt auch ein Antrag des Herrn Cl. M. Chapman vor.

Sekretär Moore verliest folgenden Antrag: Es möge eine Kommission eingesetzt werden zum Studium des Wirkungsgrades der ver-

Digitized by Google

schiedenen im Gebrauche stehenden Verfahren zur Konservierung von Holz, das verschiedenen zerstörenden Einflüssen, wie Trockenfäule, Schwamm, Bohrwürmern usw. ausgesetzt ist.

Präsident Talbot: Der Antrag wird dem Resolutionskomitee zugewiesen.

Es liegen noch zwei weitere Anträge vor, die sich auf die Berichte XXX_3 (von Hoffmann) und $XVIII_8$ (von Prof. Greger) beziehen, die in der Nachmittagssitzung zur Verhandlung kommen. Der eine betrifft die Erprobung von Steinzeugrohren und der andere die Beziehung zwischen Streckgrenze und Knicklast. Wenn sich kein Widerspruch erhebt, werden sie direkt dem Resolutionskomitee zur Beratung übermittelt.

Der Präsident schließt hierauf die Sitzung.

Freitag, den 6. September 1912, nachmittags.

Präsident Mansfield Merriman eröffnet die Sitzung um 2 Uhr 15 Minuten und bringt den ersten Bericht der Tagesordnung „Das Verhältnis der Biegekraft zur jeweiligen Spannung oder Härte" ($XXVIII_2$) von Prof. A. Rejtő zur Verhandlung.

(Prof. Rejtő, der schon in früheren Berichten gezeigt hat, daß die spezifische Widerstandsfähigkeit zäher Materialien bei langsam wachsender Beanspruchung eine Funktion der jeweiligen Spannung, der gleichmäßigen Dehnung und des Gleitungswinkels ist, bringt Beweise dafür, daß dieses Gesetz auch beim Biegen zäher Materialien zutrifft.)

H. Prof. A. Rejtő legt den Bericht vor.

Präsident Merriman eröffnet die Diskussion.

H. Prof. B. Kirsch: Ich möchte nur ein paar Worte sagen. Diese sehr interessante Auseinandersetzung ist auf eine Hypothese begründet, gegen die ich ein wenig mißtrauisch bin. Sie lautet: Die Dehnungen sind vor Beginn der Einschnürung gleichmäßig über die Meßlänge verteilt. Sie wissen, daß nach Bruch die Verteilung der Dehnungen über die Länge eine ungleichmäßige ist. Eine Messung vor dem Bruch zeigt ähnliches. Das ist vollkommen verständlich, weil die Querdehnungen auf der ganzen Länge verschieden gehemmt werden. Infolgedessen sind die Spannungszustände auf der Länge nicht überall linear, am allerwenigsten an den Enden. Da sind die Spannungszustände ebene, das heißt Spannung nach zwei Richtungen gleichzeitig, während in

Digitized by Google

den mittleren Partien die Spannungszustände fast genau linear sind. Beweis dafür ist, daß die Deformation an den Köpfen beginnt, weil dort die Maximalspannungen größer sind als in der Mitte. Also, die Spannungszustände sind ungleichmäßig. Folglich ist die Hypothese nur mit einer gewissen Beschränkung aufzunehmen, und folglich sind diese Erläuterungen nur mit einer gewissen Beschränkung gültig.

H. Prof. A. Rejtő: Der Vorredner sagt, daß meine Auseinandersetzungen nur mit einer gewissen Beschränkung aufzunehmen sind. Das habe ja auch ich am Anfange gesagt; wir sind daher ganz derselben Ansicht. Die Giltigkeitsgrenze liegt bei der Zähigkeitsgrenze, wenn aber am Versuchsstück eine große Kontraktion vorhanden ist, so ist dies ein Merkmal daß die Zähigkeitsgrenze überschritten ist, und wir dürfen natürlich den kontrahierten Teil nicht in Betracht nehmen. Deshalb habe ich nur in diesem Teil in dem vorhandenen Schaubilde die Striche gemacht. Wenn wir ganz gleichmäßige Stäbe in Betracht ziehen, werden wir finden, daß die Dehnung bis zu der angegebenen Grenze gleichmäßig war. Wir dürfen aber nicht verlangen, daß ein Stab, der nicht vollkommen gleich bearbeitet wurde, gleichmäßige Dehnung erleide.

Präsident Merriman: Wünscht noch jemand das Wort? (Es meldet sich niemand.) Wir danken Herrn Prof. Rejtő für seinen wertvollen Bericht und gehen zum nächsten über. Er lautet: „Über den Zusammenhang zwischen der Streckgrenze und Knicklast bei Stäben desselben Materiales" ($XXVIII_8$) von Prof. O. Greger.

(Es ist unbestritten, daß die Höhe der Knicklast von der Streckgrenze abhängig ist, die letztere ist jedoch in keiner Knickformel enthalten. Der Autor gibt im Berichte Ergebnisse seiner diesbezüglichen Versuche bekannt und schließt mit dem Antrage: „Der Verband wolle die Frage über den Zusammenhang zwischen der Streckgrenze und Knicklast bei Stäben desselben Materiales in sein Arbeitsgebiet aufnehmen.")

H. Prof. Greger legt den Bericht vor.

Präsident Merriman: Der Antrag wurde bereits vormittags verlesen und dem Resolutionskomitee zugewiesen. Der Bericht steht zur Diskussion offen.

H. Prof. B. Kirsch: Ich möchte darauf aufmerksam machen, daß es sich hier um ein kompliziertes Problem handelt; das Problem der Tragfähigkeit einer Säule ist auf zwei Arten zu behandeln. Wenn man es ganz genau nach der Theorie behandelt, so muß man zur Formel von Euler kommen. Der Antrag des Herrn Vortragenden geht nun

Digitized by Google

dahin, wenn möglich die Streckgrenze in die Formel von Euler einzuführen. Ich bin damit nicht einverstanden aus den folgenden Gründen. Wenn man die idealsten Umstände bei einer gedrückten Säule voraussetzen kann, nämlich vollständig zentrale Belastung, so ist die ganze Beanspruchung keine andere als die reiner Druckbelastung. Bei Druckbelastungen können keine Ausbiegungen oder Knickungen entstehen, und es ist eine bekannte Erscheinung, daß bei der geringsten Abweichung der Zustand aus dem eines Druckes in einen solchen von Druck und Biegung übergeht. Also, Eulers Formel sagt uns, wieviel eine mechanisch genaue Säule zu tragen imstande ist. Es spielt die Streckgrenze keine Rolle dabei. Die Erfahrung hat nun gelehrt, wie wenig diese Formel anwendbar ist. Mehr als ein Unglück ist darauf zurückzuführen, daß man nach der Euler-Formel gerechnet hat. Sie ist nur richtig, wenn die Voraussetzungen alle erfüllt sind; aber in der Praxis sind diese eben nicht erfüllt. Man kann die Säulen nur als exzentrisch belastet ansehen. Die Exzentrizität ist um so größer, je schlechter montiert wird. Also die Einwirkung der Streckgrenze auf die Tragkraft kann nur von der Größe der Exzentrizität abhängen. Insofern konnte Herr Greger Abhängigkeiten der Streckgrenze und der Knicklast finden. Die Streckgrenze in die Eulersche Formel einführen wollen, heißt den Sinn dieser Formel verkennen. Sie kennen ja die Versuche v. Tetmajers. Er hat mehr wie 300 Knickversuche ausgeführt und gefunden, wie die Belastung der Säule beeinflußt wird. Es läßt sich ganz genau berechnen, wie groß die unbeabsichtigten Exzentrizitäten bei seinen Versuchen gewesen sind. Wegen dieser unvermeidlichen Exzentrizitäten waren natürlich v. Tetmajers Knicklasten auch durch die Streckgrenzen beeinflußt.

H. Prof. O. Greger: Die Mitteilungen des Herrn Prof. Kirsch bezüglich des Einflusses der Exzentrizität treffen völlig zu. Diesem Umstande wird häufig nicht genügende Beachtung geschenkt. Was der Herr Vorredner jedoch sonst ausführt, trifft die in Rede stehende Arbeit deshalb nicht, weil bei Proben mit verschiedenen Materialien, jedoch gleichen Exzentrizitäten, dieselben Knicklasten erhalten werden müßten. Dies ist aber häufig nicht der Fall. Die Ursache hierfür ist in der Verschiedenheit der Lage der Elastizitätsgrenze (die für die Praxis genügend genau der Streckgrenze entspricht) zu suchen. Rechnungsmäßig könnte die Schwankung der Streckgrenzen durch entsprechend geänderte Wahl des Elastizitätsmaßes berücksichtigt werden.

Digitized by Google

Präsident Merriman: Wünscht sonst jemand eine Bemerkung. Da dies nicht der Fall ist, danke ich dem Berichterstatter im Namen der Sektion. Wir gehen zum nächsten Bericht „Die physikalische Bedeutung der Elastizitätsgrenze" (XXVIII$_6$) von H. F. Moore über.

(Im Berichte wird auf die Unbestimmtheit des Ausdruckes „Elastizitätsgrenze" hingewiesen, die die Aufstellung und Anwendung einer bezeichnenden Nomenklatur wünschenswert macht. Die Elastizitätsgrenze, auf Grund der ersten Beobachtung einer bleibenden Formveränderung angenommen, ist für die Ermittlung der elastischen Eigenschaften der Materialien von zweifelhaftem Wert. Die Elastizitätsgrenze sollte auf Grund einer Beobachtungsreihe aus einer Kurve ermittelt werden. An Hand einer solchen Kurve dürfte sich ein sehr frühes Stadium plastischer Formänderungsarbeit im Material nachweisen und auch eine Grenze wählen lassen, die als entscheidendes Merkmal statischer Festigkeitseigenschaften dehnbarer Körper zu verwenden wäre.

Die in der üblichen Weise bei statischen Festigkeitsprüfungen ermittelte Proportionalitätsgrenze ist kein scharf fixierter Punkt. Der Wert sollte lieber mit Hilfe einer aufgetragenen Kurve ermittelt werden. Die Normierung von Verfahren zu seiner Festlegung ist in hohem Grade wünschenswert. Eine wahrnehmbare Strukturänderung ist mit dem Erreichen der Proportionalitätsgrenze nicht verknüpft, aber für viele Materialien, einschließlich Schweißeisen und Bauwerkeisen, bedeutet sie eine Spannung, bei oder unter der das Material schon plastische Formänderungsarbeit gezeigt hat, und aus diesem Grunde darf sie als ein Mittel zur Beurteilung statischer Festigkeitseigenschaften benutzt werden.

Für dehnbare Materialien, insbesondere für Schweißeisen und weiches Flußeisen, gibt die Streckgrenze ein Zeichen für einen Übergang aus dem nahezu vollkommen elastischen in einen hochgradig plastischen Zustand. Wenn richtig ermittelt, ist sie für Bauwerk-Schweißeisen und Flußeisen scharf hervortretend. Das Verfahren ihrer Ermittlung sollte normiert werden. Bei richtiger Ermittlung bietet die Fließgrenze ein leicht festzustellendes und verläßliches Kennzeichen für die statischen Festigkeitseigenschaften dehnbarer Körper.

Der relative Wert einer zuverlässig ermittelten Elastizitätsgrenze und der Fließgrenze als Festigkeitsmaßstäbe bei dauernder statischer Belastung kann augenblicklich nicht mit voller Sicherheit angegeben werden. Es ist kein Fall bekannt, wo ein Bruch bei einer Faserspannung unterhalb der Fließgrenze eingetreten wäre, sei es in einer Konstruktion aus Schweißeisen oder Flußeisen, sei es in einem Probestück unter langandauernder statischer Belastung oder unter einer in weitläufigen Zwischenräumen aufgetragenen statischen Belastung. Ob die Fließgrenze bei dehnbaren Materialien unter dauernder oder selten wiederholter Belastung ohne Gefahr eines Bruches merklich überschritten werden darf, ist nicht bekannt.

Bei nicht dehnbaren Körpern, Holz vielleicht ausgenommen, scheinen willkürlich festgesetzte Grenzen der Elastizität oder der Proportionalität zurzeit von zweifelhafter physikalischer Bedeutung zu sein.

Eine feststehende Beziehung zwischen den unter statischer Belastung ermittelten Elastizitätsgrenzen und den Festigkeitseigenschaften der Materialien bei dauernder Belastung hat sich nicht finden lassen. Dauerversuche bis zur Zer-

Digitized by Google

störung, Versuche hinsichtlich der mechanischen Hysteresis, sowie Versuche unter Erwärmung der Proben liefern, wie man annehmen darf, sämtlich genügende Merkmale für Festigkeitseigenschaften bei Dauerbelastung. Doch ist eine viel umfassendere Experimentalforschung nötig, bevor sich ein durchaus verläßliches Prüfungsverfahren für Materialien unter wiederholten Beanspruchungen herausgebildet haben wird.)

H. Prof. H. F. Moore: Ich möchte kurz auf drei Punkte besonders aufmerksam machen.

1. daß die Elastizitätsgrenze, besonders in englischen Schriften, sehr weitgehend gebraucht wird, um eine Menge von voneinander ganz verschiedenen Begriffen zu decken, so z. B. für die Proportionalitätsgrenze und die Fließgrenze;

2. darauf, daß der Erfolg einer sehr vorsichtig durchgeführten Bestimmung der Proportionalitätsgrenze oder Fließgrenze von der Genauigkeit des Apparates und von der Sorgfältigkeit, mit welcher die Beobachtungen gemacht und dargestellt werden, abhängt. Ein Beispiel hierfür zeigt Tafel I des Berichtes;

3. daß wir bei den jeweiligen Probeverfahren berücksichtigen sollten, ob nicht eine einheitliche Vorschrift dabei zur Verwendung gelangen könnte.

Drei Beispiele: In einem Bau, welcher statisch belastet ist, kommen häufig kleine Formänderungen vor; sind aber hier nicht von Bedeutung. Bei einer Werkzeugsmaschine ist jede Durchbiegung von Nachteil. Bei einer Turbinenschaufel, die Millionen von Beanspruchungswechseln unterworfen ist, scheint die Dauerfestigkeit des Materials die wesentlichste Eigenschaft zu bilden. Die Elastizitätsgrenze in diesen drei Fällen darf nicht als ein und derselbe Begriff aufgefaßt werden.

Präsident Merriman eröffnet die Diskussion.

H. N. Davidenkoff: Wenn ich recht verstanden habe, schlägt Herr Moore vor, bei weichen Stahlarten (Flußeisen) die Fließgrenze an Stelle der Elastizitätsgrenze zu bestimmen. Für die Praxis wäre dies sicherlich einfacher, aber ich möchte aufmerksam machen, daß dieser Punkt durchaus nicht so konstant ist, als man glauben möchte.

In unserem Polytechnikum in St. Petersburg haben wir einen Apparat des Fürsten Gagarine für Zerreißproben, der Diagramme in großem Maßstabe liefert. Ändert man die Geschwindigkeit der Zugkraft, kann man genau den Einfluß der Geschwindigkeitsänderungen wahrnehmen. Die Versuche zeigen, daß die Fließgrenze (ebenso wie die Elastizitätsgrenze) für ein- und dasselbe Metall sich ändert, daß sie von der Zug-

Digitized by Google

geschwindigkeit abhängig ist. Wenn die Geschwindigkeit steigt, hebt sich die Ecke im Diagramm; sie fällt mit sinkender Geschwindigkeit.

H. Prof. B. Kirsch: Ich möchte den Herrn Professor auf eine Abhandlung aufmerksam machen, die Professor Bach vor ungefähr zehn Jahren verfaßte, in welcher er diese Sache ausführlich bespricht. Man weiß seit langem, daß es nur auf die Schnelligkeit ankommt.

H. A. Shore: Ich habe den Bericht des Herrn Moore über die physikalische Bedeutung der Elastizitätsgrenze sorgfältigst studiert und anerkenne seine Bemühungen zur Erzielung einer besseren Erläuterung dieses metallurgischen Begriffes. Ich glaube, daß er auf dem richtigen Wege ist und eine exakte Behandlung des Gegenstandes wird wertvolle Früchte tragen. Eines möchte ich vorausschicken, was immer getan wird, bemühen wir uns, die Definition so einfach zu halten, daß keine Möglichkeit besteht, sie falsch auszulegen. Die Elastizitätsgrenze soll nur bedeuten das Ende der Elastizität oder jenen Teil der Kurve, wo die gerade Linie endet; die Kraft, die nötig ist, um diese Linie hervorzubringen, muß vollkommen gleich sein der Festigkeit des Materials unter vollkommen normalen Bedingungen.

Metalle, die entgegenwirkende innere Spannungen haben, werden, wenn sie geprüft werden, keine vollkommen geraden Linien ergeben, außer wenn diese Spannungen vorher vernichtet werden durch Anwendung eines leichten Gewichtes in derselben Richtung, in der das die Zerstörung bewirkende Gewicht später angesetzt wird. Dies wird uns die wahre Elastizitätsgrenze in jedem Augenblick geben und die vorgeschlagene Methode kann als das Normalverfahren betrachtet werden, um die wirkliche proportionale Elastizitätsgrenze zu bestimmen, die in jeder Beziehung dem Gesetze Hooks entspricht.

Die Kurve, die auf die Gerade folgt, ist einfach das Ergebnis verschiedener Stadien des Fließens, unterworfen den Einflüssen der zunehmenden Härte, der beginnenden Plastizität oder der entstehenden Einschnürung.

Ich kann es nicht unerwähnt lassen, daß ein vollkommen definiertes Diagramm der elastischen Linie etwas viel schöneres ist, als viele von uns jemals verwirklicht gesehen haben. Der Grund dafür liegt darin, daß die besten jetzt gebräuchlichen selbstregistrierenden Probemaschinen nicht alle die Veränderungen wiederzugeben vermögen, welche in einem Versuchsstück unter den zerstörenden Spannungen vor sich gehen. Dies ist weniger dem Mangel an Feinfühligkeit der Maschinen zuzuschreiben, als den Prinzipien, die beim Wägen ange-

Digitized by Google

wendet werden und die den Zwecken, denen sie dienen, nicht ganz entsprechen. Nach vielen Versuchen kann ich nur die eine Maschine, die jetzt von der American Vanadium Company gebraucht wird, als vollkommene Probemaschine bezeichnen. Diese Maschine arbeitet automatisch und registriert selbst sowohl die Zu- als auch die Abnahme der Last und eliminiert vollkommen die persönliche Disposition des Versuchenden. Es sind auch Mittel vorgesehen, um die Trägheit der Waghebel auf ein Minimum zu reduzieren und auf solche Weise ein unmittelbares Folgen des Hebels entsprechend den Bewegungen des Versuchsstückes zu ermöglichen.

Herr C. E. Skinner (schriftlicher Beitrag). Der Bericht des Herrn Moore ist äußerst interessant, da er die verschiedenen Definitionen der Elastizitätsgrenze in Beziehung zueinander bringt. Von besonderem Interesse ist die Feststellung, daß kein Versagen eines Bauwerkes je beobachtet wurde, dessen Material unterhalb der Elastizitätsgrenze oder Y-Grenze beansprucht wurde.

Einige Brüche, die durch Dehnung des drehenden Teiles des Geschwindigkeitsumschalters einer schnellaufenden Turbine vor einigen Jahren eingetreten sind, haben uns zu genauem Studium der Beziehung zwischen Fließ- und wahrer Elastizitätsgrenze veranlaßt. Als Ergebnis dieser Untersuchungen hat sich für alle unsere physikalischen Proben die Verwendung des Extensometers erwiesen. Das von uns benützte Instrument zeigt direkt $^1/_{10000}$ eines Zolles an, wobei die Dehnung für eine Länge von zwei Zoll zwischen zwei bestimmten Punkten gemessen wurde.

Zum Festlegen der Angaben des Instrumentes war eine sehr zweckmäßige Einrichtung ersonnen. Sie bestand in einem elektromagnetischen Apparat, der eine mittels eines Gewichtes auf dem Gewichtshebel der Probemaschine montierte Nadelspitze in Bewegung setzte. Das Gewicht bewegt eine Karte, die entsprechend der Teilung der Meßskala liniiert ist. Der Beobachter drückt, sobald die entsprechende Linie an dem Teilstrich der Skala vorbeikommt, einen Knopf, der die elektromagnetische Einrichtung in Gang setzt. Die Nadelspitze macht ein bleibendes Zeichen in die liniierte Karte und aus diesen Angaben entsteht ein Diagramm. Wir haben diese Einrichtung als sehr brauchbar zur Festlegung des Punktes gefunden, den Professor Johnson als „scheinbare Elastizitätsgrenze" bezeichnet, indem wir die von ihm in seinem Buch „The Material of Construction" beschriebene Methode benützten. Dieser Punkt entspricht wahrscheinlich sehr genau der vom Autor

Digitized by Google

Bestimmung der Elastizitätsgrenze der Metalle aus dem Spannungsdiagramm.

Linie A B tangentiell zur Spannungskurve im Punkte A.

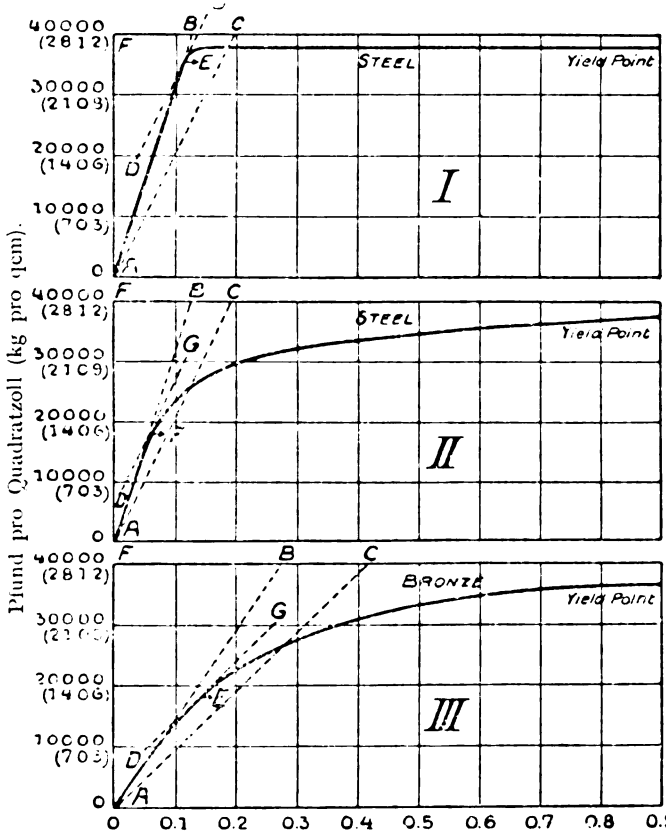
Abstand B C = $^1/_2$ Abstand A B.

Linie A C, Verbindung der Punkte A und C.

Linie D G parallel zu A C und tangentiell zur Spannungskurve im Punkte E.

Die Elastizitätsgrenze ist im Berührungspunkte E der Tangente gelegen.

Beispiele, entnommen den in Rede stehenden Proben.



kg/qcm

Serien-Nr. . . 20.509
Bruchfestigkeit 5258
Fließgrenze . . 2671
Elastizitätsgr.. 2530

Serien-Nr. . . 20.463
Bruchfestigkeit 5139
Fließgrenze . . 2616
Elastizitätsgr.. 1265

Serien-Nr. . . 18.152
Bruchfestigkeit 5092
Fließgrenze . . 2566
Elastizitätsgr.. 1230

Die Fließgrenze (Yield point) wird bekanntlich oft fälschlich als Elastizitätsgrenze bezeichnet.

Als solche gilt üblicherweise der Punkt, der durch den Fall des Gewichtshebels der Maschine oder durch die Teilscheibe bestimmt wird und dessen Lage mit der Länge des Versuchsstückes und der Genauigkeit der Beobachtung wechselt.

Digitized by Google

erwähnten T-Grenze, dem Punkt, bei dem gerade eine molekulare Veränderung einzutreten beginnt.

Ich lege unter einem drei charakteristische, bei den in Rede stehenden Proben erhaltene Diagramme vor, in denen die Bruch-(End-)Festigkeit des Metalles und die Elastizitätsgrenze praktisch genommen gleich sind. Zwei der Diagramme sind aus Stahlproben, die dritte aus einer Bronzeprobe gewonnen. Bei der zweiten Stahl- und der Bronzeprobe ist die mittels dieser Methode bestimmte Elastizitätsgrenze von halber Größe der Fließgrenze, während sie im ersten Falle der Fließgrenze praktisch genommen gleich ist.

Wir haben gefunden, daß das Versagen der am Beginne erwähnten, nicht entsprechenden Konstruktionsteile auf eine Beanspruchung, die zwischen der Elastizitätsgrenze — nach der in Rede stehenden Methode bestimmt — und der in üblicher Art festgelegten Fließgrenze gelegenen war, zurückzuführen ist. Sie brachen zwar nicht, dehnten sich aber in solcher Weise, daß sie unrund und die Achsen lose wurden.

Wir haben jedoch keinen Konstruktionsteil kennen gelernt, der bei Beanspruchung unter der nach der vorbesprochenen Methode bestimmten Elastizitätsgrenze fehlerhaft geworden wäre. Da nun zwei Beobachter unter Benützung eines Instrumentes von angegebener so großer Feinfühligkeit und auf dem vor kurz angedeuteten Versuchswege zu ganz genau gleichen Ergebnissen gekommen sind, erscheint es empfehlenswert, daß die Johnsonsche Methode der Festlegung der Elastizitätsgrenze zum Gegenstande weiterer Erwägungen nach praktischer Richtung gemacht werde.

H. Prof. B. Kirsch: Es sind vorhin einige Mitteilungen gemacht worden über die Bestimmung der Elastizitätsgrenze. Sehr hübsche Meßapparate sind uns beschrieben worden und dabei ist mir der Gedanke gekommen und die Erinnerung daran, daß schon von vielen Seiten die Anregung laut geworden ist, doch den Begriff der Elastizitätsgrenze, wie er in unseren Bestimmungen enthalten ist, ebenfalls zu präzisieren. Die Grenze wird heute bei 0.001% bleibender Dehnung angenommen. Dieser Wert ist von vielen Seiten unzweckmäßig gefunden worden und es wäre vielleicht angebracht, eine Anregung zu geben, wie auch der Begriff der Elastizitätsgrenze einer Präzisierung unterzogen werden könnte. Ich möchte daher vorschlagen, auf Grund dieser Mitteilung über Elastizitätsgrenzen die Aufgabe, den Begriff neu zu präzisieren, an jene Kommission zu verweisen, die ich heute bereits beantragt habe.

Digitized by Google

Ich hatte ja heute morgen nicht genug Zeit, alle Punkte zu detaillieren. Dies ist einer der Punkte. Mein Antrag lautet:

Die Präzisierung des Begriffes der Elastizitätsgrenze soll jenen Punkten angeschlossen werden, in denen nach Antrag Kirsch die „Brüsseler Normen" verbessert werden sollen.

Präsident Merriman schließt hierauf mit Dankesworten an den Berichterstatter die Diskussion.

Präsident Merriman: Der nächste Bericht „Über Zuverlässigkeit von Prüfstellen, Prüfmaschinen und Festigkeitsversuchen im Materialprüfungswesen" von A. Martens wird infolge Abwesenheit des Autors vorderhand zurückgestellt. Wir kommen zum Bericht von J. E. Howard „Prüfung von Eisenkonstruktionen".

(Das Bureau of Standards hat sich mit der Prüfung von Bauwerken mit Hilfe von Dehnungsmessern besonderer Konstruktion beschäftigt. Aus den Differenzen der Dehnungen können die entsprechenden Spannungen für ruhende Lasten [sowohl Zug- als auch Druckspannungen] bis auf rund 21 kg/cm² ermittelt werden. Dieses Verfahren ermöglicht die Bestimmung der Spannungen an naturgroßen Konstruktionsteilen in den Bauwerken selbst unter teilweiser und voller Belastung. Dehnungsmessungen mit dem Dehnungsmesser wurden an der Ohio-Brücke bei Beaver, der Missouri-Brücke, dem Bankers Trust Building, an Heizrohrdampfkesseln, an monolithischem Ziegelpflaster etc. ausgeführt. Es ergab sich die Möglichkeit, die Dehnungen von Pflaster während seiner Verwendung zu messen, wobei eine Genauigkeit in bestimmten Meßlängen bis zu 0·0025 mm erreicht wurde.)

H. J. E. Howard legt den Bericht vor.

H. Prof. N. Talbot: Ich denke, wir sollten die Wichtigkeit und den Wert der hier entwickelten Methode, ganze Bauwerke belastet zu prüfen, anerkennen. Wir haben schon verschiedene analytische Methoden zur Feststellung der Spannungsverteilung kennen gelernt, aber viele der Resultate wurden von den entwerfenden Ingenieuren entweder nicht akzeptiert oder nicht hoch geschätzt. Die Spannungen, deren Existenz in den verschiedenen Teilen eines Dampfkessels durch Messung festgestellt wurde, — ich glaube, daß sie im Artikel Herrn Howards angegeben sind, — und die Spannungen in verschiedenen Teilen einer Säule sind gute Beweise für die Vorteile, die von dem praktischen Ingenieur aus dem neuen Verfahren gezogen werden können. Unter anderen Versuchen möchte ich jene erwähnen, die an einer Brückenkonstruktion gemacht wurden, um die Spannung festzulegen, die durch Belastung der Säulenbasis und in verschiedenen damit in Ver-

Digitized by Google

bindung stehenden Balken ausgelöst wurde. Ein anderer Teil der Versuche beschäftigte sich mit dem Mauerbelag bei Betonbauten durch Täfelung; es wurden Messungen an mit Stahl armierten Betonbalken und am Betonmörtel durchgeführt und dabei wurde Gelegenheit gefunden, die seitliche Verteilung der Spannungen und den Übergang der Spannung von Spannweite zur Spannweite zu bestimmen. Während der letzten zwei Jahre sind Versuche dieser Art an acht oder neun Eisenbetonbauten hierzulande gemacht worden und die Ergebnisse haben den großen Wert der Messungen erwiesen. Bei dieser Art von Versuchen ist ein besonderer Grad von Geschicklichkeit sowohl bei Anwendung des Instrumentes als in dem allgemeinen Vorgehen erforderlich. Diese Versuche wurden erst ermöglicht durch die Entwicklung des Spannungsmessers, den Herr Howard vor einigen Jahren erfunden hat und auch durch ein anderes Instrument gleicher Art, das als der Berry-Extensometer bekannt ist. Bei diesem Instrument, wie es jetzt gebraucht wird, wird nach mehrfacher Übersetzung ein Indikator und von diesem ein Zeiger auf einem Zifferblatt in Bewegung gesetzt, so daß das Ablesen direkt geschehen kann. Es muß noch erwähnt werden, daß dieses Instrument einfach in die Meßlöcher eingesetzt wird, die im Stahl oder in im Beton eingelassenen Pflöcken hergestellt werden und daß, wenn eine größere Anzahl Ablesungen gemacht wurden, der Durchschnitt benützt wird. Bei einer Anzahl von Versuchen dieser Art, die vor einem Jahr in Brooklyn gemacht wurden, erhielten zwei verschiedene Beobachter auf eine Meßlänge von 8 Zoll ungefähr dieselben Resultate. Der aus einem Durchschnitt von fünf Beobachtungen gerechnete wahrscheinliche Fehler entsprach bei jedem der beiden Beobachter der Beobachtungsgenauigkeit bei Stahl von 300 lbs. pro Quadratzoll. Natürlich werden sich auch andere Fehler bei Anwendung dieses Instrumentes ergeben, aber die genannte Zahl war der wahrscheinliche Fehler beim Ablesen. Man muß auch hinzufügen, daß bei Anwendung dieses Instrumentes ein Normalbalken gebraucht wurde und daß auch Vergleiche zwischen den Meßergebnissen des Instrumentes bei den Normalbalken vor und nach einer bestimmten Anzahl von Untersuchungen gemacht wurden. Hier sind einige Photographien des Instrumentes.

Präsident Merriman: Wünscht noch jemand das Wort? Es ist nicht der Fall. Wir danken Herrn Howard für seinen Bericht. Wir sind mit Ausnahme eines Berichtes, der später mit Lichtbildern vorgelegt werden soll, am Ende des Programmes. Wir kommen nunmehr

Digitized by Google

auf den vorhin verschobenen Bericht des Herrn Prof. Martens „Über den Zuverlässigkeitsgrad von Prüfstellen, Prüfmaschinen und Festigkeitsversuchen im Materialprüfungswesen" zurück ($XXIX_5$).

(Die Zuverlässigkeit von Prüfungsergebnissen hängt von der Genauigkeit der Maschinen, von der Gleichförmigkeit des Materiales, von der einwandfreien Probeentnahme, von der genauen Ausführung der Probestäbe usw. ab. Die unmittelbare Prüfung der Maschinen durch den Kontrollstab, die sachgemäße, vorsichtige Probeentnahme sind wichtig. Der Einfluß der Beobachtungsfehler wurde auf Grund der größten Abweichungen von dem mittleren Ergebnis einer Versuchsreihe studiert. Es wurden die Unterschiede in den Ergebnissen ermittelt, die der Verschiedenheit der Probeform für ein bestimmtes Material, der Verschiedenheit der Homogenität sowie den Verschiedenheiten des Vorgehens bei den verschiedenen Prüfstellen entsprachen. Durch Vergleich der Maximaldifferenzen in mehreren Reihen parallel durchgeführter Proben könnte ein richtiger Mittelwert gefunden werden.)

Sekretär Moore legt den Bericht vor.

Präsident Merriman: Wünscht jemand zu dem Berichte das Wort? Es ist nicht der Fall.

Präsident Merriman: H. Prof. Kirsch wünscht einen Antrag vorzulegen.

H. Prof. B. Kirsch: Mein Antrag lautet: „Die Präzisierung des Begriffes der Elastizitätsgrenze soll jenen Punkten angeschlossen werden, in denen nach Antrag Kirsch die Brüsseler Normen verbessert werden sollen."

Präsident Merriman stimmt über diesen von Herrn Cellerier unterstützten Antrag ab. (Er wird angenommen.)

Präsident Merriman: Der Antrag wird morgen dem Vorstande zur endgültigen Beschlußfassung vorgelegt werden. Sind noch andere Anträge vorzulegen?

Sekretär Moore liest nachstehenden von auf der Mittwochsitzung der Sektion vorgebrachten Antrag des Herrn Prof. Rudeloff vor: „Die Frage der Erprobung von Holz in großen Stücken sowie die Nachprüfung der Formel des Herrn Prof. Tanaka ist einer Kommission zu übertragen".

H. F. Cellerier: Ich bin gleichfalls für die Verweisung dieser Frage an eine Kommission. Wir haben ein Interesse, Vorschriften zu besitzen und möglichst genaue Angaben über die Abmessungen. Wenn sie einmal festgelegt sind, soll das natürlich nicht etwa heißen für alle Zeiten endgültig; sie bleiben immer noch verbesserungsfähig. Ich stimme für die Verweisung der Frage an eine Kommission.

Digitized by Google

H. Prof. A. N. Talbot: Sind nicht bestimmte Angaben darüber im Berichte des Herrn Prof. Rudeloff?

H. F. Cellerier: Die Angaben des Herrn Prof. Rudeloff über die Probeabmessungen sind für die meisten Maschinen zu groß und entsprechende Maschinen werden schwer zu finden sein.

Präsident Merriman stimmt ab. (Angenommen.)

Präsident Merriman: Der Antrag wird dem Vorstand vorgelegt werden. Bitte um den nächsten Antrag.

Sekretär Moore verliest folgenden Antrag:

„Der Kongreß beschließt, daß die Kommission 39 (Grundlagen der Lieferungsvorschriften für Öle) bestehen bleiben und so bald wie möglich ihre Arbeiten aufnehmen möge."

Der Antrag bildet, wie ich glaube, die Vereinigung zweier Anträge.

H. A. N. Talbot: Dieser Antrag ist das Ergebnis der Diskussion über den Bericht des Herrn Albrecht über Ölprüfung. In dem Bericht ist die Auflösung der Kommission beantragt. Falls der verlesene Antrag durchdringt, ist die Abstimmung des Albrechtschen Antrages unnötig. Im anderen Falle setze ich voraus, daß sie dem letzteren zustimmen.

Präsident Merriman stimmt ab. (Der verlesene Antrag wird angenommen.)

Sekretär Moore verliest den nächstfolgenden Antrag:

„Es möge eine Kommission eingesetzt werden, welche die auf dem Kongresse in Brüssel 1906 empfohlenen Verfahren zur Prüfung von Metallen und Legierungen, von hydraulischen Bindemitteln und von Holz mit Rücksicht auf die von Prof. Kirsch im Berichte XXX_1 vorgebrachten Punkte einer Revision zu unterziehen und über das Ergebnis zu berichten hätte."

H. Prof. A. N. Talbot: Das ist der von den Herren Kirsch und Mesnager gemeinsam vorgelegte Antrag.

Präsident Merriman stimmt ab. (Angenommen.)

Sekretär Moore verliest den nächsten, von Cellerier vorgebrachten Antrag:

„Der Kongreß beantragt die Ernennung einer Kommission zur Vereinheitlichung der Prüfungsverfahren für Straßenbaumaterialien und deren Benennung, und zwar in Gemeinschaft mit dem Exekutiv-Bureau des Internationalen Straßenkongresses."

H. Prof. A. N. Talbot: Ein anderer Antrag ähnlichen Inhaltes stammt von Prof. Mesnager. Ich möchte fragen, ob der verlesene den letzteren ersetzt?

Digitized by Google

H. C. D. Rinald: Herr Cellerier teilt mit, daß er mit Herrn Mesnager in dieser Frage einer Meinung ist und daß Herr Mesnager diesem Antrag zustimmt. Es ist somit alles in Ordnung.

Präsident Merriman stimmt ab. (Angenommen.)

Sekretär Moore verliest folgenden, von Herrn Chapman vorgelegten Antrag:

„Es soll eine Kommission eingesetzt werden, um die verschiedenen in Übung stehenden Verfahren und ihre Wirksamkeit für die Konservierung von Holz, des verschiedenen zerstörenden Elementes, wie Rotfäule, Schwamm, Bohrwürmer usw. aufgesetzt ist."

Die Frage, betreffend Holzprüfung an großen Probestücken und die Nachprüfung der Formel von Professor Tanaka ist einer Kommission übertragen worden.

H. Prof. A. N. Talbot: Ich möchte die Frage aufwerfen, ob der Gegenstand des Antrages in das Arbeitsgebiet des Verbandes hineinpaßt. Ich glaube, es liegt außerhalb desselben.

H. J. H. Woolson: Die Anregung des Herrn Prof. Talbot wird sicherlich Beifall finden. Die im Antrage enthaltene Frage scheint mir kein richtiger Beratungsgegenstand für diese Versammlung. Das Thema der Trockenfäule ist bereits gründlich verarbeitet. Sie kann durch Trocknen des Holzes und durch Bewahren desselben vor Insekten verhindert werden, und es gibt sehr viele Arten des Schutzes, wie Lösungen, Anstriche, Tünchen usf. Ich glaube nicht, daß der Verband sich mit dieser Sache befassen sollte.

H. C. D. Rinald: Ich weiß, daß Herr Chapman eine große Zahl einschlägiger Versuche gemacht hat, doch bin ich nicht sicher, ob er auch einige Versuche an frisch geschnittenem oder Baumholz ausgeführt hat. Es ist mir bekannt, daß er Untersuchungen über Rost, über das Verwittern von Zement gemacht hat, und vielleicht hat Herr Chapman die Absicht, sich die vorliegende Frage so gründlich angelegen sein zu lassen wie die anderen. Ich bin darüber nicht unterrichtet.

H. Prof. A. N. Talbot: Ich glaube nicht besonders hervorheben zu müssen, daß eine solche Untersuchung wünschenswert wäre. Es ist eine Angelegenheit größter Wichtigkeit. Es wird auf verschiedenen Seiten daran gearbeitet und die „American Railway Engineering Association" hat eine Kommission ernannt, welche sich mit dem beantragten Gegenstand beschäftigt. Meine Frage geht dahin, ob die Aufgabe in der Form, in der sie gestellt ist, unter die Arbeiten, denen sich der Verband normal zu widmen pflegt, gehört.

Digitized by Google

H. Cellérier: Ich bin der Ansicht des Vorredners. Bei aller Anerkennung der Wichtigkeit der Arbeiten des Herrn Chapman glaube ich, daß wir das Arbeitsgebiet des Verbandes für Materialprüfungen verlassen, wenn wir den Antrag des Herrn Berichterstatters, der mehr auf Sonderstudien hinzielt, annehmen. Unser Wissen und unsere Tätigkeit ist ohnedies bereits sehr ausgedehnt und wir haben das Interesse, erst unsere eigentliche Aufgabe zu vollenden.

Präsident Merriman stimmt ab. (Der Antrag wird abgelehnt.)

Sekretär Moore verliest den folgenden von Herrn Mesnager in der Freitag-Vormittagssitzung vorgebrachten Antrag:

1. Es sollen für die Bezeichnung der Gesamtkraft oder absoluten Kraft die Worte vorbehalten bleiben:

im Französischen: Force, effort (de traction, de compression, de cissaillement);

im Deutschen: Kraft, Zugkraft, Druckkraft, Schubkraft oder Scherkraft;

im Englischen: Force, Load (tensile, compressive, shearing), Pull and Thrust.

2. Man bezeichne als Kraft, bezogen auf die Flächeneinheit:

im Französischen: Tension, pression, cissaillement (tension normale, pression normale, tension tangentielle);

im Deutschen: Zugspannung, Druckspannung, Schubspannung;

im Englischen: Tensile Stress, Compressive Stress, Shearing Stress.

Die Worte frottement intérieur, innere Reibung, internal friction sind ausschließlich für die Bezeichnung der Spannung parallel zur Gleitfläche und entgegengesetzt zur Gleitrichtung anzuwenden.

Präsident Merriman: Der Antrag scheint von den bisherigen sehr abzuweichen. Es ist fraglich, ob die Sektion bei der verhältnismäßig geringen Zahl der Teilnehmer berufen ist, eine so wichtige einheitliche Nomenklatur, wie die beantragte festzulegen. Die dafür sind, wollen die Hand erheben. (Der Antrag Mesnagers wird angenommen.)

Sekretär Moore verliest den am Freitag vormittags vorgelegten Antrag aus dem Berichte des Herrn Otto Hoffmann über Steinzeugröhren:

„Die Prüfung der Festigkeitseigenschaften von Steinzeugröhren soll sich außer auf die Feststellung der Bruchlast bei äußerer Scheitelbelastung und bei innerem Flüssigkeitsdruck weiter erstrecken auf die Ermittlung der Elastizität des Rohrmaterials durch Bestimmung des Deformationszustandes bei plötzlicher und langsam gesteigerter

Digitized by Google

Belastung; und zwar soll die Deformation kontinuierlich entsprechend dem Belastungszustand durch Schaulinien aufgenommen werden, in der Art, wie dies von Stadtbauinspektor Fried in Barmen vorgenommen worden ist. Siehe Bericht des Herrn Professors M. Gary über Rohrprüfung IV. Kongreß des Internationalen Verbandes, Brüssel 1906."

H. Prof. A. N. Talbot beantragt, diesen Antrag, der die Anwendung eines Spezialprobeverfahrens betrifft, abzulehnen.

H. F. Cellerier: Ich sehe überhaupt keinen Antrag und verstehe ihn nicht. Der Bericht enthält die Erörterung einer Prüfungsmethode. Es scheint mir, daß die Arbeit nicht zur Annahme eines Antrages genügt. Ich bin der Ansicht, daß der Antrag zurückgewiesen werden sollte.

Präsident Merriman: Sie haben das „Für" und „Wider" gehört. Ich bitte, die dem Antrage zustimmen, die Hand zu erheben. (Der Antrag wird abgelehnt.)

Sekretär Moore: Es folgt der Antrag des Herrn Prof. Greger:

„Der Verband wolle die Frage über den Zusammenhang zwischen der Streckgrenze und der Knicklast bei Stäben desselben Materials in sein Arbeitsgebiet aufnehmen."

Präsident Merriman: Was ist es mit jenen Materialien, die keine Fließgrenze haben?

H. Prof. A. N. Talbot: Das Resolutionskomitee hat bei der Beratung über diesen Antrag den Sinn des Wortes „buckling strength" nicht verstanden. Der Antrag konnte daher nicht entsprechend behandelt werden.

Präsident Merriman: Der Antrag ist vom Resolutionskomitee nicht empfohlen. Wir wollen aber dennoch über ihn abstimmen.

(Die Abstimmung erfolgt; der Antrag wird abgelehnt.)

Präsident Merriman: Wir sind, mit Ausnahme der Lichtbildervorträge, am Ende der Sektionsarbeit. Der Vortrag des Herrn Prof. Hatt muß zu seinem größten Bedauern unterbleiben, da er durch ein wichtiges Telegramm nach Hause berufen wurde. Die anderen werden, sobald die Mitglieder der Sektion B erschienen sind, beginnen.

Präsident Merriman: Ich schließe somit die Sektionsverhandlungen, und indem ich dies tue, erfülle ich noch die Pflicht, den Herren Ehrenpräsidenten M. Camerman, Bienfait und Cellerier für ihren freundlichen Beistand sowie insbesondere dem Herrn Ehrensekretär Rinald für seine wertvolle Übersetzungstätigkeit bestens zu danken. (Lebhafter Beifall.)

Die Verhandlungen sind geschlossen.

Digitized by Google

NAMENREGISTER.

Abschnitt I und II.

Die fettgedruckten Ziffern (**4**) bezeichnen die Nummern der „Mitteilungen".
Die römischen Ziffern (III_3) bezeichnen den betreffenden Bericht.
A, B, C beziehen sich auf das Protokoll der betreffenden Section.

Adamson E.
Diskussion A, p. 104.

Addicks L.
Diskussion A, p. 120.

Aiken Th. B.
Diskussion C, p. 31.

Albrecht M.
Über Ölprüfung (**13**) XXI_3.
Antrag auf Auflösung der Ölkommission (**13**) XXX_4.
Diskussion C, p. 55, 60.

Anstett F. und Labordère P. (siehe Labordère P. und Anstett F.).

Antisell F. L.
Diskussion A, p. 120.

Bamber K. G.
Diskussion B, p. 58.

Barrier E. A.
Diskussion C, p. 42, 67, 73.

Basset W. H.
Diskussion A, p. 120.

Bates P. H.
Diskussion B, p. 26, 105.

Baucke H.
Über einige neue mikrographische Beobachtungen beim Kupfer (**11**) II_{14}.
Über den Angriff beanspruchter Metalle durch Elektrolyte (**13**) II_{20}.
Über das Verhalten des Kupfers bei der Kerbschlagbiegeprobe (**9**) IV_9.
Diskussion A, p. 36, 127, 134.

Belaiew N.
Diskussion A, p. 128, 133.

Belanger Ch.
Diskussion A, p. 11, 52.

Belelubsky N.
II. Vollversammlung, p. 6, 8.
Diskussion A, p. 5, 75, 163, 167, B, p. 56, 71, 83, 85, 88, C, p. 6.

Benedicks K.
Über die elektrische Zerstäubung der Metalle und ihre Anwendungsmöglichkeit für Prüfungszwecke (**10**) II_9.
Diskussion (siehe Berichtigungen).

Digitized by Google

Bermann M.
Das Wesen des Schweißens von Stahlgattungen und ihre praktische Anwendung (**11**) $VIII_2$.
Das Wesen des autogenen Schweißens von Stahl- und Eisengattungen und ihre praktische Anwendung (**11**) $VIII_3$.
Antrag bezüglich der Funkenprobe (**13**) XXX_2.
Diskussion A, p. 135, 139, 181.
Bied J.
Über die Prüfung der hydraulischen Bindemittel (**9**) XIV_4.
Die Porosität der Mörtel (**10**) $XVII_6$.
Über verschiedene chemische Erscheinungen, welche bei technischen Untersuchungen beobachtet worden sind (**9**) $XVIII_1$.
Diskussion B, p. 26, 33, 89.
Bienfait L.
Zweite Vollversammlung, p. 2.
Bixby W. H.
Begrüßungsrede, I. Vollversammlung, p. 2.
Diskussion A, p. 43.
Blocq van Kuffeler V. J. P. de.
Über die Einwirkung von Meerwasser auf Eisenbeton (**10**) $XVII_3$.
Diskussion B, p. 81.
Blount B.
Beschleunigte Raumbeständigkeitsprobe des Zements nach Le Chatelier (**9**) XIV_1.
Diskussion B, p. 30, 47, 50, 55, 59.
Boudouard O.
Ermüdung der Metalle (**8**) V_3.
Elektrische Widerstandsfähigkeit der Spezialstähle (**10**) IX_6.
Diskussion A, p. 69, 114.
Bostwick W. A.
Diskussion A, p. 46.
Bregowsky J. M. (und Spring L. W.)
Einfluß hoher Temperaturen auf die physikalischen Eigenschaften einiger Legierungen (**13**) VII_1.
Diskussion A, p. 127.
Broniewski W.
Beziehungen zwischen dem Gefüge und den elektrischen Eigenschaften der Legierungen (**9**) IX_3.
Diskussion A, p. 119.
Brunner E. und Schüle F. (siehe Schüle F. und Brunner E.).
Bulley C. R. und Lothrop M. T. (siehe Lothrop M. T. und Bulley C. R.).
Burchhartz H. und Stock B.
Prüfungsverfahren für Straßenbaumaterial in Deutschland (**13**) $XXVI_{13}$.
Diskussion C, p 56.
Burrows Ch. W.
Die magnetischen und elektrischen Eigenschaften der Materialien in Beziehung zu ihrer mechanischen Prüfung (**8**) IX_1.
Diskussion A, p. 65.

Digitized by Google

Camerman E.
Versuche mit Zylinderölen für überhitzten Dampf (**10**) XXI_1.
Belgien (**13**) $XXVI_{1c}$.
Diskussion C, p. 9, 14, 15, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 53, 60, 84, 86.

Campbell W. (und Glassford J.).
Die Konstitution des Gußeisens und die Wirkungen überhitzten Dampfes auf Gußeisen (**13**) II_{18}.
Diskussion A, p. 42, 95, 97.

Candlot E.
Das Anwachsen der Festigkeit von Zementmörteln (**10**) $XIII_3$.
Diskussion B, p. 5.

Capp J. A. (und Lawson F. R.) (siehe Lawson F. R. und Capp J. A.).

Cellerier F.
Diskussion C, p. 10, 16, 36, 44, 56, 61, 70, 106, 107, 109, 110.

Chapman Cl. M.
Versuche für Beton (**11**) XX_3.
Diskussion B, p. 88, 89, 92, 105, C, p. 94, 108.

Charpy G.
Bericht über die Frage der Schlagproben und die Arbeiten der Kommission Nr. 26 (**9**) IV_1. Ergänzte Anträge der Kommission Nr 26 (**13**) IV_1
Diskussion A, p. 34.

Clamer G. H.
Diskussion A, p. 117, 120.

Cline McGarvey.
Untersuchung der amerikanischen Forstverwaltung an einheimischen Hölzern, besonders hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften (**13**) $XXIII_5$.
Diskussion C, p. 17.

Coker E. G.
Die Spannungsverteilung im kleinsten Querschnitt eines Zugprobekörpers aus Zement (**10**) $XXVIII_4$.
Diskussion B, p. 12.

Conradson P. H.
Diskussion C, p. 50, 54.

Corse W. M.
Diskussion A, p. 120.

Cremer Tr.
Diskussion A, p. 119.

Cushman A. S.
Anstriche für Metallteile (**10**) $XXIV_1$.
Diskussion A, p. 158, 162, 163 167, C, p. 1, 3, 11, 12, 13.

Czarnomski W.
Untersuchung des Zustandes der im Baltischen Meere im Hafen von Libau versenkten Versuchs- und Baublöcke (**8**) $XVII_1$.
Diskussion B, p. 83.

Digitized by Google

Damour A.
Die mechanische Prüfung des Gußeisens nach den bei anderen Metallen üblichen Verfahren (9) VI_1.
Diskussion A, p. 98, 101, 112.

Dänische staatliche Versuchsanstalt.
Über Holzbiegeproben (9) $XXIII_2$.
Diskussion C, p. 22, 34.

Danforth R. H.
Diskussion A, p. 136.

Dannerth Fr.
Diskussion C, p. 65, 73, 78.

Davidenkoff N.
Studie über die Theorie eines Apparates für Schlagzerreißproben und über die Versuchsfehler bei Verwendung dieses Apparates (10) IV_7.
Diskussion A, p. 11, 49, 52, C, p. 99.

Deforge und Lombard.
Die Einwirkung des Meerwassers auf die hydraulischen Bindemittel (10) $XVII_2$.
Diskussion B, p. 82.

Denny A.
Diskussion A, p. 35, 53, 136, 138, 166, 167.

Derihon M.
Einige Beobachtungen über die Brüchigkeitsprobe (9) IV_3.
Diskussion A, p. 7, 10, 27.

Deutscher Ausschuß für Eisenbeton.
Übersicht über die seit dem V. Kongreß, Kopenhagen 1909, unternommenen wissenschaftlichen Versuche und Versuche zur Kontrolle der Bauausführung auf dem Gebiete des Eisenbetonbaues in Deutschland (11) XII_{1a}.

Devries R. P.
Die Zugfestigkeit von Flußstahl in ihrer Beziehung zur magnetischen und anderen Härteprüfungen (10) IX_2.
Diskussion A, p. 65.

Dix J. A.
Begrüßungsrede, I. Vollversammlung, p. 4.

Douty D. E.
Diskussion A, p. 65, C, p. 65, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 78.

Dudley P. H.
Erprobung von Schienen auf Dehnung und Zähigkeit mittels der Schlagprobemaschine (11) X_7.
Diskussion A, p. 72.

Duryee E.
Diskussion B, p. 19, 86, 87.

Dyckerhoff A.
Diskussion B, p. 10, 26, 45, 57, 62.

Digitized by Google

Emperger F. v.
Bauunfälle im Eisenbetonbau (8) XII_2.
Diskussion B, p. 103.
Elliot G. K.
Diskussion A, p. 96.
Fábry S.
Die Änderung der mechanischen Eigenschaften und der Struktur einiger zwischen 600° bis 1000° C ausgeglühter Werkzeugstähle (10) VII_4.
Diskussion A, p. 113.
Fea L.
Mechanische Versuche mit Spezialstählen für Schiffbauten (11) I_1.
Über die praktische Bestimmung der Viskosität von Ölen (13) XXI_2.
Diskussion A, p. 113, C, p. 44, 57.
Feret R.
Untersuchung der Windsichtung als Mittel zur quantitativen Bestimmung der feinsten, in pulverartigen Substanzen enthaltenen Partikeln (11) XV_2.
Diskussion B, p. 3, 11, 24, 33, 52, 61, 63, 78.
Fergusson J. und Sharp J. (siehe Sharp J. und Fergusson J.).
Fock A.
Prüfungsverfahren für Straßenbaumaterial in Ungarn (13) $XXVI_{1c}$.
Diskussion C, p. 56.
Force H. J.
Diskussion B, p. 91.
Forge de und Lombard (siehe Lombard und Forge).
Forrest C. N.
Diskussion C, p. 13, 14.
Foß A. (Vorsitzender der Sektion B, p. 89—94.)
Diskussion B, p. 61, 87, 109, 110.
Fowler G. L.
Diskussion C, p. 48, 89.
Frémont Ch.
Kerbschlagprobe mit Metallen (9) IV_2.
Eine neue mechanische Untersuchungsmethode für Gußeisen (9) VI_3.
Neues Verfahren zur Prüfung von geschweißtem Material (10) $VIII_1$.
Neues Verfahren zur Prüfung von Stahldrähten (9) X_2.
Neues Prüfungsverfahren für Flußeisenröhren (10) X_3.
Neues Prüfungsverfahren für Nieteisen (8) X_4.
Diskussion A, p. 6, 27, 45, 47, 111, 134.
Friedrich E.
Diskussion B, p. 78.
Fulweiler H.
Diskussion C, p. 13.
Gagarin A., Fürst.
Automatische Registrierung der Beziehung zwischen Druckkraft und Deformation der Materialien während des Schlages (9) IV_8.
Diskussion A, p. 80, 114.

Digitized by Google

Gaines R. H.
Diskussion B, p. 104, 105.
Gallander O.
Über die Bestimmung der Tiefe von Rissen in Materialien, welche die Elektrizität leiten (**11**) IX_7.
Diskussion A, p. 79.
Gary M.
Prüfung der Festigkeit unter Benützung von Prismen, hergestellt aus plastischem Mörtel (**9**) $XIII_2$.
Beschleunigte Prüfung der Raumbeständigkeit von Portlandzementen (**9**) XIV_2.
Bewährung kochunbeständiger Zemente in der Praxis (**13**) XIV_5.
Aufsuchung eines Verfahrens zur Bestimmung des feinsten Mehles im Portlandzement (**11**) XV_1.
Diskussion B, p. 2, 9, 28, 30, 31, 35, 40, 70, 76, 79, 92, 94, 109, 111, 113.
Gassier M.
Über die mechanische Festigkeit und das Verhalten im Meere von Mörteln aus gestoßenem Sande, verglichen mit Mörteln aus Seesand (**11**) $XVII_5$.
Diskussion B, p. 108.
Geßner A.
Kerbschlagproben mit zähen Stahlsorten (**9**) IV_4.
Diskussion A, p. 6.
Glassford J. und Campbell W. (siehe Campbell W. und Glassford J.).
Goldbeck A. T. (und Jackson F. M.) (siehe Jackson F. M. und Goldbeck A. T.).
Goodrich E. P.
Diskussion B, p. 75.
Gottrau H. v. (und Schüle F.) (siehe Schüle F. und Gottrau H. v.).
Gottsch F.
Diskussion C, p. 68, 69, 77.
Gram J.
Diskussion C, p. 94.
Grard C.
Die industrielle Anwendung der mikroskopischen Metallographie zur Kontrolle der Bearbeitung von Kupfer und Messing (**11**) II_{15}.
Untersuchungen über die Härte des Stahles (**9**) III_2.
Diskussion A, p. 4, 115.
Greger O.
Über den Zusammenhang zwischen der Streckgrenze und der Knicklast bei Stäben desselben Materials (**11**) $XXVIII_6$.
Diskussion C, p. 96, 97, 110.
Grittner A.
Wasserdichter Beton (**8**) XX_2.
Diskussion B, p. .
Grutterink J. A. (Beitrag zum Kommissionsbericht über Wetterbeständigkeit von Steinen XIX_1). Diskussion B, p. 65.
Guillery R.
Über Härteproben und Proben zur Bestimmung der Elastizitätsgrenze und der spezifischen Schlagarbeit (**11**) III_5.
Diskussion A, p. 3.

Digitized by Google

Guillet L.
Grundsätze für Übernahmsbedingungen von Kupfer (**11**) XI_3.
Diskussion A, p. 120.

Hall Cl.
Die Notwendigkeit einheitlicher Prüfung von Explosivstoffen (**13**) $XXVII_3$.
Diskussion C, p. 37, 56.

Hall J. H.
Diskussion A, p. 28.

Hambloch A.
Über den Einfluß fehlerhafter Mörtelmischung (**11**) XIX_4.
Diskussion B, p. 64.

Hanisch A.
Wetterbeständigkeit der Bausteine (**11**) XIX_1.
Prüfungsverfahren für Straßenbaumaterial in Österreich (**13**) $XXVI_{1b}$.
Diskussion B, p. 65. C, p. 56.

Hanna W. C.
Diskussion B, p. 5 6, 14, 31, 36, 58, 85.

Hannover H. I.
Prüfungsverfahren für Straßenbaumaterial in Dänemark (**13**) $XXVI_{1d}$.
Zur Frage der Reibung zwischen den parallelen Endflächen eines gedrückten Körpers und den Druckplatten (**11**) $XXVIII_7$.
Diskussion A, p. 185, C, p. 65, 90.

Hänsel P.
Diskussion B, p. 28.

Harbord F. W.
Diskussion A, p. 168.

Hatt W. K. (Vorsitzender der Sektion C, p. 17—37.)
Diskussion A, p. 49, C, p. 28, 34, 35.

Herreshoff J. B.
Diskussion A, p. 120.

Heyn E.
Bericht über die Fortschritte der Metallographie seit Beginn des Jahres 1909 bis zum Ende des Jahres 1911 (**11**) II_1.
Diskussion A, p. 5, 9, 24, 36, 40, 57, 65, 66, 138, 166, 169, 171.

Hibbard H. D.
Die festen nichtmetallischen Verunreinigungen im Stahl (Sonims) (**13**) II_{10}.
Diskussion A, p. 2, 13, 21, 27, 76, 162.

Hinrichsen F. W.
Bericht über den gegenwärtigen Stand der Kautschukanalyse (**8**) $XXII_1$.
Diskussion C, p. 77.

Hirschwald J. (siehe XIX_1).
Diskussion B, p. 65, 71.

Hoffmann O.
Antrag auf Prüfung von Steinzeugröhren (**13**) XXX_3.
Diskussion C, p. 109.

Digitized by Google

Holde D. (und Marcusson J.).
Vorschläge für die Begriffsbestimmung des Bitumens (**11**) XXV_1.
Diskussion C, p. 14.

Hönigsberg O.
Diskussion A, p. 121.

Howard J. E.
Bericht über die Fortschritte bei der Erprobung von Stahlschienen (**9**) X_8.
Prüfung von Eisenkonstruktionen (**10**) X_{12}.
Diskussion A, p. 72, C, p. 104.

Howe J. A.
Beitrag zum Kommissionsbericht über Wetterbeständigkeit der Steine, siehe XIX_1.
Diskussion B, p. 65, 73.

Howe H. M. (Präsident des Kongresses und Vorsitzender in den Vollversammlungen.)
Anhang zum Bericht II_3.
Festrede, I. Vollversammlung, p. 10.
Diskussion A, p. 13, 29, 39, 59, 80, 144, 148, 164, 166, 167, 168, 169, 175, 179.

Howe H. M. (und Levy A. G.).
Die Lebensgeschichte des voreutektoidischen Zementites (**13**) II_4.
Diskussion A, p. 179.

Howe H. M. (und Sauveur A.).
Die Nomenklatur der mikroskopischen Gefügebestandteile von Stahl und Gußeisen (**13**) II_7. Diskussion A, p. 175.
Einheitliche Nomenklatur für Eisen und Stahl (**13**) XI_4.
Diskussion A, p. 148.

Hubbard Pr.
Über den Gehalt an Bindestoff für bituminöse Schotterdecken (**11**) XXV_2.
Diskussion C, p. 12.

Humphrey R. L.
Diskussion B, p. 12, 15, 26, 29, 44, 53, 55, 60, 93, 114.

Hunt R. W. (Vorsitzender der Sektion A).
I. Vollversammlung, p. 1.
Gewähr für fehlerfreie Stahlschienen (**13**) X_{10}.
Diskussion A, p. 25, 44, 74, 78.

Jackson F. M. (und Goldbeck A. T.).
Die physikalische Prüfung von Schotter für Eisenbahngleisbettungen (**13**) XIX_5. Diskussion B, p. 74.

Jacobsen A.
Diskussion C, p. 47, 48, 50, 54, 55, 61, 65, 67, 74.

Janka G.
Härteprüfung des Holzes mittels Kugeldruckverfahrens (**13**) $XXIII_3$.
Diskussion C, p. 21.

Jewett J. Y.
Versuche des Meliorationsbauamtes der Amerikanischen Bundesregierung mit Betonmaterialien (**13**) XX_4. Diskussion B, p. 25.

Digitized by Google

Job R.
Vortrag, Typen von Schienenmängeln und Mittel zur ihrer Entdeckung. A, p. 81.
Jollibois P.
Über einige Phosphormetalle (**10**) II_{13}.
Diskussion A, p. 115.
Joosting P,
Diskussion B, p. 63.
Kail J.
Über Prüfungsverfahren für Gießerei-Roheisen (**9**) VI_2.
Diskussion A, p. 99.
Kaiser E.
Diskussion B, p. 72.
Kareischa S.
II. Vollversammlung, p. 7.
Karsten A. C.
Bemerkungen zu den dänischen Liefervorschriften für schmiedeeiserne Rohre für Dampf-, Gas- und Wasserleitungen (**11**) XI_3.
Diskussion A, p. 45.
Kirsch B.
Bericht über die Untersuchungen von armiertem Beton in Österreich (**11**) XII_{1b}.
Antrag auf Überprüfung der vom IV. Kongreß empfohlenen Prüfungsverfahren (**11**) XXX_1.
Diskussion C, p. 72, 81, 85, 86, 88, 89, 95, 96, 100, 103, 106.
Kloes J. A. v. d.
Untersuchung des Einflusses der Mörtelzusammensetzung und der Qualität der Bausteine auf die Wetterbeständigkeit des Mauerwerkes (**11**) XIX_3.
Diskussion B, p. 63, 64.
Kommers J. B.
Dauerversuche I. Untersuchung über eine für die Praxis brauchbare Dauerprobe (**13**) V_{4a}.
Dauerversuche II. Vorschlag für einen Qualitätsfaktor und für eine Normenprobe mit Versuchsergebnissen unter Verwendung von verschiedenen Materialien (**13**) V_{4a}.
Diskussion A, p. 68.
Kreuzpointner P.
Diskussion A, p. 37.
Labordère P. (und Anstett F.).
Mitteilung über die Werkzeuge zur Prüfung von Pflastermaterialien (**10**) XIX_2.
Über die Mittel zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Pflasterungshölzern (**10**) $XXIII_4$.
Bericht über Farbprüfungen (**10**) $XXIV_2$.
Diskussion B, p. 75, C, p. 7, 8, 9, 10, 15, 22, 28, 29, 30, 33.
Land E. S.
Diskussion C, p. 6.

Digitized by Google

Lanza G.
Die amerikanischen Fortschritte in der Prüfung von Stückproben und in der Prüfung von Lokomotiven (**13**) $XXIX_2$.
Diskussion A, p. 46.

Lawson P. R. (und Capp J. A.).
Thermo-elektrische Anzeichen von Zugbeanspruchungen als Prüfmethode (**13**) IX_8.
Diskussion A, p. 140.

Le Chatelier H.
Bildung von Legierungen durch Übereinanderlagerung (**8**) II_{13}.
Diskussion A, p. 5, 116, B, p. 36.

Lender R.
Diskussion C, p. 6.

Lesley R. W. (Vorsitzender der Sektion B).
Diskussion B, p. 5, 11, 35, 36, 53, 80, 83, 113.

Levy A. G. und Howe H. M. (siehe Howe H. M. und Levy A. G.).

Lombard und Deforge.
Die Einwirkung des Meerwassers auf die hydraulischen Bindemittel (**10**) $XVII_2$.
Diskussion B, p. 82.

Lothrop M. T. (und Bulley C. R.).
Einheitliche Vergrößerungen für Mikrophotographien (**11**) II_{18}.
Diskussion A, p. 176.

Lynch T. D.
Diskussion A, p. 120.

Lyon F.
Eine Schnellprobe auf die relative Angreifbarkeit von Eisensorten in Wasser und wässerigen Lösungen (**11**) $XXIV_5$.
Diskussion A, p. 35, 45.

Malaval M.
Über die Bruchfestigkeit zylindrischer Röhren (**11**) X_5.
Diskussion A, p. 67.

Marcusson J. (und Holde D.) (siehe Holde D. und Marcusson J.).

Marburg E.
II. Vollversammlung p. 8.

Martens A.
I. Vollversammlung, p. 1.
II. Vollversammlung, p. 7.
Grundsätze für die Organisation des öffentlichen Materialprüfungswesens (**8**) $XXIX_1$.
Über den Zuverlässigkeitsgrad von Prüfstellen, Prüfmaschinen und Festigkeitsversuchen im Materialprüfungswesen (**9**) $XXIX_5$.
Antrag auf Beseitigung des Kopenhagener Kongreßbeschlusses bezüglich der Le Chatelier-Probe (**13**) XXX_5.
Wetterbeständigkeit der Bausteine (**13**) XXX_6.
Diskussion A, p. 165, 166, 168, B, p. 44, 69, 72, C, p. 79, 106.

Digitized by Google

Memmler K.
Gegenwärtiger Stand der mechanischen Kautschukprüfung nach den im Königlichen Materialprüfungsamte zu Berlin-Lichterfelde gewonnenen Versuchserfahrungen (9) $XXII_2$.
Diskussion C, p. 63, 66, 69, 70, 73, 74, 77, 80.
Merriman M. (Vorsitzender der Sektion C).
Diskussion C, p. 20, 21.
Mesnager A.
Über ein Mittel, Schienenbrüche im voraus zu erkennen (10) X_6.
Einheitliche Prüfungsverfahren für Straßenbaumaterial (13) $XXVI_1$.
Benennung einiger technischer Begriffe (10) $XXVIII_1$.
Über die Anwendung der künstlichen Doppelbrechung des Glases zur Erforschung der inneren Spannungen in festen Körpern (11) $XXVIII_5$.
Vortrag über innere Kräfte A 182.
Vortrag über poröse Metalle A 185.
Diskussion A, p. 4, 35, 54, 71, 112, 168, C, p. 56, 80, 81, 85, 87, 89.
Miller R. P. (und Woolson I. H.) (siehe Woolson I. H. und Miller R. P.).
Misángyi W.
Der Unterschied zwischen der zähen und bildsamen Formänderung (10) $XXVIII_3$.
Diskussion C, p. 90.
Moldenke R. (Schriftführer der Sektion A).
Kommerzielle Bestrebungen bei Ausführung von schmiedbarem Guß (11) VI_7.
Diskussion A, p. 34, 45, 49, 68, 96, 97, 110, 113, 174.
Moore H. F. (Schriftführer der Section C).
Die physikalische Bedeutung der Elastizitätsgrenze (10) $XXVIII_6$.
Diskussion C, p. 98, 99.
Müller H.
Antrag zum Kongreßberichte XIV_3 über die Kochprobe und die Raumbeständigkeit des Portlandzement bei trockener Lagerung von Prof. Schüle (13) XXX_7.
Diskussion B, p. 12, 43, 44, 87, 105.
Nivet A. N.
Diskussion B, p. 84.
Nolly H. de (und Veyret).
Untersuchung der aus den Zementierungsmitteln entweichenden Gase (10) VII_5
Über die magnetischen Eigenschaften der im Dynamobau verwendeten Eisenbleche (9) IX_5.
Verfahren zur Schnellbestimmung des Kohlenstoffgehaltes von Flußeisen, Stahl, Gußeisen und Ferrolegierungen (8) X_1.
Diskussion A, p. 69, 113, 114. (Siehe auch Verzeichnis der Druckfehler und Berichtigungen.)
Nusbaumer E. (und Portevin A.) (siehe Portevin A. und Nusbaumer E.).
Oebbeke R.
Beitrag zum Kommissionsbericht über Wetterbeständigkeit der Steine XIX_1. Diskussion B, p. 65.

Digitized by Google

Panetti M.
Diskussion C, p. 38, 56, 59, 60.
Paris-Lyon-Mediterranée-Eisenbahn.
Mikrographische Studien (8) II_{11}.
Spezifische Schlagarbeit (9) IV_5.
Diskussion A, p. 177.
Pecoraro N.
Experimentalproben mit Weißmetallen für Maschinen (13) II_{16}.
Diskussion A, p. 117.
Perrine H.
Diskussion A, p. 129.
Petersen Mayntz.
Bestimmung des feinsten Mehles im Portlandzement (11) XV_3.
Diskussion B, p. 1.
Porter J. J.
Typisch amerikanische Verwendungsarten des Gußeisens und die auf sie anwendbaren Prüfverfahren (11) VI_6.
Diskussion A, p. 98.
Portevin A. und Nusbaumer E.
Bemerkungen über die Abnützung der Bronzen (8) III_4.
Diskussion A, p. 120.
Poulsen A.
Diatomeenerde als Puzzolan für Zement (10) XVI_1.
Diskussion B, p. 13, 15, 24, 46, 64, 65, 85.
Powers W. A.
Diskussion C, p. 76.
Prendergast W. A.
Begrüßungsrede, I. Vollversammlung, p. 6.
Probst E.
Diskussion B, p. 77, 80, 103, 104.
Probst E. (und Scheit H.) (siehe Scheit H. v. und Probst E.).
Reeve Ch. S.
Einfluß des Durchmessers des Bitumenbehälters auf das Ergebnis des Eindringversuches (11) XXV_3.
Diskussion C, p. 12.
Reitler E. (Generalsekretär).
Rückblick auf den VI. Kongreß.
Das österreichische technische Versuchsamt (13) $XXIX_3$.
Diskussion C, p. 80.
Rejtö A.
Das Verhältnis der Biegekraft zur jeweiligen Spannung oder Härte (10) $XXVIII_2$.
Diskussion A, p. 62, 67, 114, C, p. 91, 93, 94, 95, 96.
Richards J. W.
Diskussion A, p. 23.
Richardson Cl.
Diskussion C, p. 15.

Digitized by Google

Rieppel A. v.
Internationale Liefervorschriften für Eisen und Stahl (**13**) XI_1.
Diskussion A, p. 45.
Rinald C. D.
Diskussion C, p. 10, 11, 27, 28, 31, 33, 94, 108.
Robertson L. S.
Diskussion A, p. 175, B, p. 110.
Robin F.
Die Umwandlung des Eisens unterhalb 700° (**8**) II_5.
Die Nützlichkeit einer metallographischen Nomenklatur (**8**) II_6.
Abschleifversuche mit Stahl (9) III_6.
Über einige mechanische Eigenschaften der Metalle bei höheren Temperaturen (**9**) VII_2.
Veränderung der Härte der Stähle mit der Temperatur (**10**) VII_2.
Diskussion A, p. 3, 70, 145, 175 177, 178.
Rodman H. B.
Diskussion C, p. 79.
Roos af Hjelmsäter J. O.
II. Vollversammlung p. 2.
Dauerversuche mit Maschinenstahl (**9**) V_8.
Einige statische und dynamische Dauerproben (**9**) V_{2b}.
Diskussion A, p. 58, 64.
Rosenhain W.
„Schlacken-Einschlüsse." (**10**) II_3.
Diskussion A, p. 11, 26, 36, 51, 61, 117, 120, 125, 126, 131, 137, 138, 141.
Rudeloff M.
Über Holzprüfung (**13**) $XXIII_1$.
Diskussion C, p. 29, 35, 106.
Sachs E. O.
Die Feuersicherheit von Beton und Eisenbeton (**11**) $XXVII_1$.
Some Notable British Tests Regarding the Strength of Reinforced Concrete (**11**) XII_{1d}. Diskussion B, p. 83, 89, C, p. 37.
Saladin E.
Discussion A, p. 4, 6.
Saniter E. H.
Härteprüfung und Widerstand gegen mechanische Abnützung (**9**) III_1
Diskussion A, p. 1, 3, 22.
Sauveur A.
Bemerkungen über das Wachsen der Ferritkristalle unterhalb ihres thermischen Umwandlungspunktes (**11**) II_6.
Diskussion A, p. 141, 148.
Sauveur A. (und Howe H. M.) (siehe Howe H. M. und Sauveur A.).
Scheit H. v.
Diskussion, B, p. 16.
Scheit H. (und Probst E.).
Untersuchungen an durchlaufenden Eisenbetonkonstruktionen (**11**) XII_3
Diskussion B, p. 103, 104.

Digitized by Google

Schmid A.
Über den Einfluß der Stabform und der Behandlung des Metalles auf die Resultate bei der Kerbschlagbiegeprobe (8) IV_6.
Diskussion A, p. 6, 34.
Schneider & Co., Creuzot.
Beitrag zur Kenntnis der Beziehungen zwischen der Temperatur und den magnetischen Eigenschaften des Eisens und des Stahles (11) IX_4.
Diskussion A, p. 66.
Schott F.
Diskussion B, p. 10, 26, 51, 62.
Schüle F.
Recherches expérimentales sur le béton armé en Suisse (11) XII_{1f}.
Verhältnis zwischen der Festigkeit und der Elastizität des auf Druck beanspruchten Betons (8) XII_4.
Einheitliche Prüfung hydraulischer Bindemittel mittels Prismen. — Normalsand (9) $XIII_1$.
Die Kochprobe und die Raumbeständigkeit des Portlandzementes bei trockener Lagerung (9) XIV_3.
Diskussion B, p. 4, 5, 10, 32, 56, 71, 76, 77, 93, 108, C, p. 86, 89, 90.
Schüle F. (und Brunner Ed.).
Über eine neue Methode zum Vergleichen der Angaben von Prüfungsmaschinen (8) $XXIX_4$. Diskussion C, p. 89.
Schüle F. (und Gottrau H. v.).
Die Bedeutung des feinsten Mehles im Portlandzement (11) XV_4.
Diskussion B, p. 4.
Schuyler M.
Diskussion C, p. 41, 91, 93, 94.
Sharp J. und Fergusson J.
Diskussion B, p. 96.
Sharp C. H.
Diskussion C, p. 67.
Shore A. F.
Diskussion C, p. 100.
Skinner C. E.
Diskussion A, p. 117, 124, 126, C, p. 68, 101.
Skougard H.
Prüfungsverfahren für Straßenmaterial in Norwegen (13) $XXVI_{1f}$.
Diskussion C, p. 56.
Smith G.
Diskussion B, p. 50, 92.
Snitsler J. E.
Diskussion A, p. 7.
Snow J. P. (Vorsitzender der Sektion A, p. 53—70, 140—182.)
Über amerikanische Schienenverhältnisse (11) X_9.
Diskussion A, p. 71.
Souther H. (Vorsitzender der Sektion A_2 [Gußeisen und Sonderstähle]).
Diskussion A, p. 56, 68, 97, 112.

Digitized by Google

Spackman H. S.
Diskussion B, p. 23, 29, 55, 107.
Speller J. N.
Vergleiche zwischen der Brauchbarkeit von Rohren aus Gußeisen und weichem Flußeisen als Wasserleitungen in den Vereinigten Staaten (**11**) $XXIV_4$.
Diskussion A, p. 38, 39, 47, 139.
Spencer Ch. B.
Diskussion A, p. 129.
Spring L. W. (und Bregowsky J. M.) (siehe Bregowsky J. M. und Spring L. W.).
Stanton T. E.
Neuere Untersuchungen über den Widerstand der Metalle gegen abwechselnde Beanspruchungen, ausgeführt im National Physical Laboratory zu Teddington (England) (**9**) V_1.
Diskussion A, p. 69.
Stead J. E.
Über das Zusammenschweißen von Blasen und Hohlräumen in Stahlblöcken (**11**) II_3.
Untersuchung über den Einfluß der Form des Probestabes auf die mechanischen Eigenschaften des Gußeisens (**8**) VI_4.
Diskussion A, p. 71, 80, 98.
Stock B. (siehe Burchhartz C. und Stock B.).
Stone G. C.
Diskussion A, p. 120.
Suenson E.
Reinforced Concrete Tests Made in Denmark (**11**) XII_{1e}.
Diskussion B, p. 94 108.
Swain G. F. (Vorsitzender der Sektion B, p. 63—75.)
Talbot A. N. (Vorsitzender der Sektion C, p. 80—95.)
On the Investigations in Reinforced Concrete in the United States of America (**11**) XII_{1c}.
Diskussion B, p. 95, 104, C, p. 90, 104, 107, 108.
Tanaka Shohe.
Diskussion C, p. 11, 29, 30, 31, 32, 33, 34.
Tannhäuser F.
Diskussion B, p. 74.
Thompson G. W.
Die Volumenauffassung bei der Prüfung von Anstrichmaterialien (**11**) $XXIV_3$.
Diskussion C, p. 2, 3, 4, 9.
Thompson S. E.
Diskussion B, p. 106.
Thomson R.
Diskussion B, p. 96, 100.
Tiemann H. D.
Diskussion C, p. 23.

Digitized by Google

Tjaden M. E. H.
Prüfungsverfahren für Straßenbaumaterial in den Niederlanden (**13**) $XXVI_{1g}$.
Diskussion C, 56.
Tschernoff.
Diskussion A, p. 128.
Tucker F.
Diskussion B, p. 11.
Unwin W. C.
II. Vollversammlung, p. 7.
Diskussion A, p. 55.
Verein Deutscher Portlandzement-Fabrikanten.
Antrag auf Festsetzung eines einheitlichen SO_3-Gehaltes im Portlandzement (**9**) $XVII_1$.
Diskussion B, p. 57.
Veyret (und Nolly de) (siehe Nolly de und Veyret).
Wagner H.
Diskussion B, p. 18, 24, 65.
Waldo R.
Diskussion A, p. 140.
Warren W. H.
Festigkeit, Elastizität und andere Eigenschaften der Harthölzer aus Neusüdwales (**13**) $XXIII_6$.
Diskussion A, p. 2, C, p. 17, 20, 21, 27, 28, 33, 34.
Webster W. R. (Bridgeport).
Wirkung der Kaltbearbeitung von Metallen auf ihre physikalischen Eigenschaften (**13**) VII_6.
Diskussion A, p. 115.
Webster (Philadelphia).
Diskussion A, p. 46.
Weiß P.
Die magnetischen Eigenschaften der Legierungen der ferromagnetischen Metalle Eisen-Nickel, Nickel-Kobalt, Kobalt-Eisen (**11**) II_{17}.
Diskussion A, p. 70.
West Th. D.
Ein Vorschlag zur Herstellung von Versuchsstäben aus härtbarem Guß (Schalenguß) (**10**) VI_5.
Diskussion A, p. 112.
Wickhorst M. H.
Amerikanische Forschungsarbeiten über Schienen, durchgeführt von den Eisenbahnen im Verein mit den Eisenwerken (**11**) X_{11}.
Diskussion A, p. 73.
Wilson H. M.
Diskussion C, p. 67.
Wilson P. H. (Schriftführer der Sektion B).
Wolff E. B.
Diskussion A, p. 50, 104, 177.

Digitized by Google

Wood W.
Diskussion A, p. 99, 111.
Woolson I. H.
Diskussion C, p. 32, 34, 35, 40, 41, 42, 43, 44, 108.
Woolson I. H. (und Miller R. P.)
Amerikanische Feuerproben mit Decken (**13**) $XXVII_3$.
Diskussion C, p. 16, 40.
Wormeley P. L.
Einige Apparate für Zugversuche mit Kautschuk (**11**) $XXII_3$.
Diskussion C, p. 70.
Wyrall C. de.
Elektrolytische Wirkung auf nichtarmierten Beton (**9**) XX_1.
Diskussion A, p. 93, 104.
Zielinsky C.
Diskussion A, p. 182.
Zimmerschied K. W.
Diskussion A, p. 96, 176.

Digitized by Google

Digitized by Google

62

MITTEILUNGEN
DES INTERNATIONALEN VERBANDES FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

Erscheinen in zwangloser Folge, wenigstens 4 mal jährlich, in deutscher, französischer und englischer Ausgabe. Für Mitglieder des Verbandes unentgeltlich.

WIEN,
30. Juli 1913.
Bd. II. Nr. 16.

Preis dieser Nummer für Nichtmitglieder M 4·—. Kommissionsverlag für die deutsche Ausgabe: J. Springer, Berlin und M. O. Wolff, St. Petersburg.

Inhalt: Titelblätter und Inhaltsverzeichnisse zum Band II. Berichte und Protokolle des VI. Kongresses. Statuten.

Mit dieser Nummer schließt der II. Band der „Mitteilungen" ab.

Dieser Band besteht aus zwei Teilen, zu welchen die erschienenen Nummern zusammengelegt werden können; zu jedem Teil gehört ein gesondertes Inhaltsverzeichnis, das dieser Nummer beiliegt:

1. Teil: **Organisatorisches, Literaturschau und Nachträge zum V. Kongreß.**

2. Teil: **Der VI. Kongreß.**

Der erste Teil umfaßt die Nummern 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 14, welche fortlaufend bis 444 paginiert sind; ferner das Mitgliederverzeichnis in Nr. 12, dessen Nachtrag aus Nr. 14 und die Statuten aus Nr. 16.

Der zweite Teil, der die Kongreßschriften enthält, besteht aus den Nummern 8, 9, 10, 11, 13, Nachtrag zu Nr. 13, 15 und 16, und ist mit Rücksicht auf den großen Umfang in zwei Abschnitte geteilt. Jeder Abschnitt kann für sich gebunden werden und zu jedem gehört ein Inhaltsverzeichnis nebst Namenregister.

Diese Nummer enthält:

Das Titelblatt und Inhaltsverzeichnis des ersten Teiles (Organisatorisches, Literaturschau und Nachträge zum V. Kongreß).

Die Titelblätter und Inhaltsverzeichnisse der beiden Abschnitte des zweiten Teiles (Der VI. Kongreß).

Die folgenden Berichte und Beilagen, die dem Kongreß gedruckt vorlagen, die aber vor dem Kongreß nicht mehr ausgesandt werden konnten:

XXX_6 Wetterbeständigkeit der Bausteine. Zum Kommissionsbericht XIX_1. Ein Antrag von Prof. Dr. **A. Martens**, Berlin-Lichterfelde.

Digitized by Google

XXX$_7$ Antrag zum Kongreßberichte XIV$_3$ über die Kochprobe und die Raumbeständigkeit des Portland-Zements bei trockener Lagerung von Prof. Schüle, Zürich. Von Dr. **H. Müller,** Kalkberge (Mark).

Die Tabellen zum Berichte XXVII$_2$ (Amerikanische Feuerproben mit Decken von **Ira H. Woolson** und **R. P. Miller**), der im Nachtrag zu Nr. 13 erschienen ist.

Die Figuren zum Berichte XXIX$_2$ (Die amerikanischen Fortschritte in der Prüfung von Stückproben und in der Prüfung von Lokomotiven von **Gaetano Lanza,** Philadelphia), welcher Bericht im Nachtrag zu Nr. 13 erschienen ist.

Rückblick auf den Kongreß.
Organisation des Kongresses.
Das Protokoll der beiden Vollversammlungen.
Das Protokoll der Verhandlungen der Sektion B.
Das Protokoll der Verhandlungen der Sektion C.
Statuten des Internationalen Verbandes 1913.

Internationaler Verband für die Materialprüfungen der Technik

Generalsekretariat: Wien, II., Nordbahnstraße 50.

Die Veröffentlichungen des IV. Kongresses, Brüssel 1906

zu beziehen durch das Generalsekretariat:
Offizielle Berichte 12 Mark, Nichtoffizielle Berichte 8 Mark.

Die Veröffentlichungen des V. Kongresses, Kopenhagen 1909

Kongreßband 15 Mark, Ergänzungsheft 2 Mark. J. Springer, Berlin.

Die Veröffentlichungen des VI. Kongresses, New-York 1912

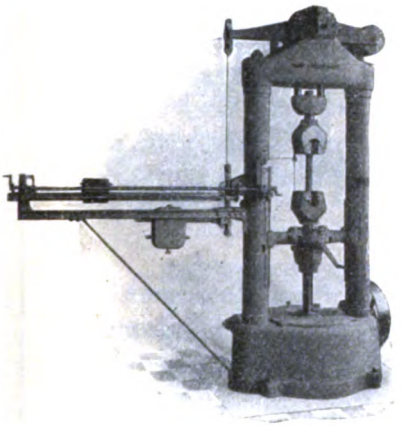
2 Bände geh. 25 Mark. J. Springer, Berlin und M. O. Wolff, St. Petersburg.

Digitized by Google

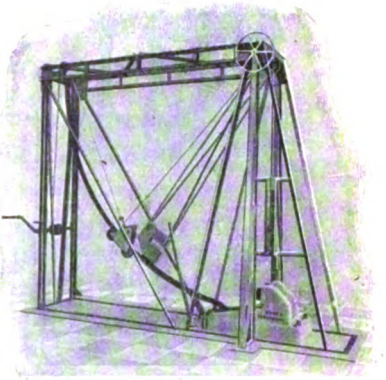
Mannheimer Maschinenfabrik
MOHR & FEDERHAFF, MANNHEIM (Baden).

Spezial-Fabrik für

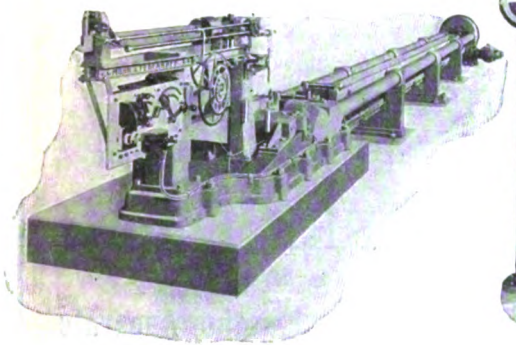
Materialprüfungs-Maschinen.



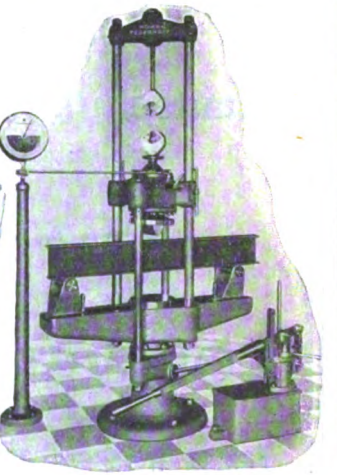
50-t. Zerreißmaschine mit Laufgewichtswaage.



Pendel-Schlagwerk, „System Charpy".



Liegende Prüfungsmaschine mit elektrischem Antrieb.



Universal-Prüfungsmaschine mit Meßdose.

Digitized by Google

Material-Prüfungsapparate

Kugeldruck - Härteprüfer
für Metalle
BAUART MARTENS

Pendelhammer
10 mkg Schlagmoment
BAUART CHARPY

Apparate zum Prüfen von Zementkörpern
auf Zugfestigkeit

Kautschukprüfer, Bauart Schopper-Dalén
mit selbsttätigem Schaulinienzeichner

PRÄZISIONSAPPARATE
für papier- und textil-technische Prüfungen

LOUIS SCHOPPER, Leipzig
Arndtstraße 27
Fabrik wissenschaftlicher und technischer Apparate

Digitized by Google

M. A. N.

MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NÜRNBERG A.G.

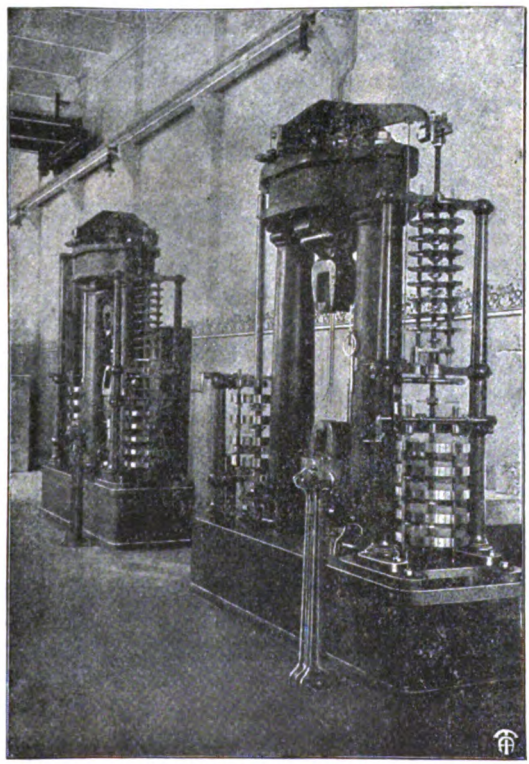
Material-Prüfungs-Maschinen.

Universal-Prüfungs-Maschinen, System Werder, für 100 Tonnen Belastung. — Zerreißmaschinen mit Laufgewichtswagen. Kettenprüfungs-Maschinen. — M.A.N.-Betonprüfungs-Maschinen, System Martens, M. A. N.-Zementprüfer, System Martens,

für Behörden, Materialprüfungs-Anstalten, Zementfabriken, Betonbaufirmen, Maschinenfabriken, Brückenbau-Anstalten

über 175 Stück geliefert.

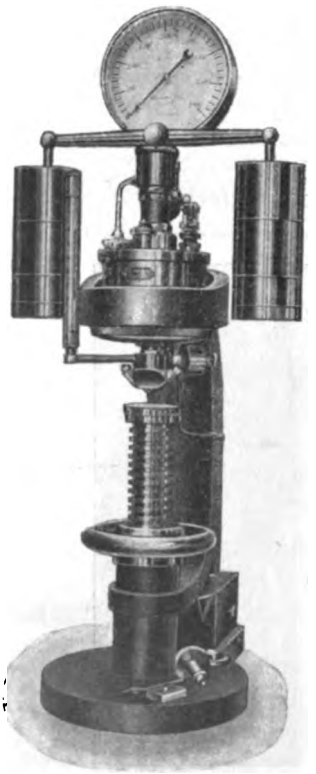
Ernsthafte Interessenten erhalten kostenlos Drucksache **M.M.10**



M. A. N.-Materialprüfungs-Maschine, System Martens, für 50.000 kg Zugkraft.

Digitized by Google

Apparate zur Bestimmung der Härte an Metallen.



Bereits geliefert an die bedeutendsten Materialprüfungsanstalten, Stahlwerke, Schiffswerften, Eisenbahnen, Militärbehörden, Waffen- und Geschoßfabriken, Automobilfabriken, Werkzeugfabriken etc. der ganzen Welt.

Genaue Resultate, selbst wenn das Manometer unrichtig anzeigt. Ausführlicher Prospekt, Gutachten der Kgl. Materialprüfungs-Anstalt zu Gr.-Lichterfelde, sowie der Kgl. Techn. Hochschule zu Stockholm, nebst Referenzenliste auf Verlangen.

ALLEIN-VERKÄUFER
für

DEUTSCHLAND: Ing. P. F. Dujardin & Co., Breitestraße 71, Düsseldorf 74.

FRANKREICH: Jarre & Cie., Boulevard Haussmann 43, Paris.

BELGIEN: Philippe & L. Jean Berger, Charleroi.

GROSSBRITANNIEN: J. W. Jackman & Co. Ltd., Caxton House, Westminster, London SW.

HOLLAND: Wynmalen & Hausmann, Glashaven 2, Rotterdam.

AKTIEBOLAGET ALPHA

STOCKHOLM C 1, Schweden.

Telegrammadresse: AKTIEALPHA, Stockholm.

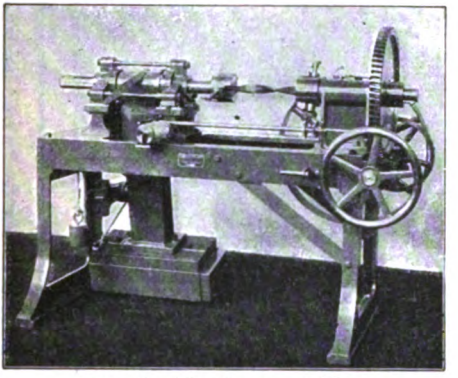
Digitized by Google

GEBRÜDER AMSLER

in Schaffhausen (Schweiz).

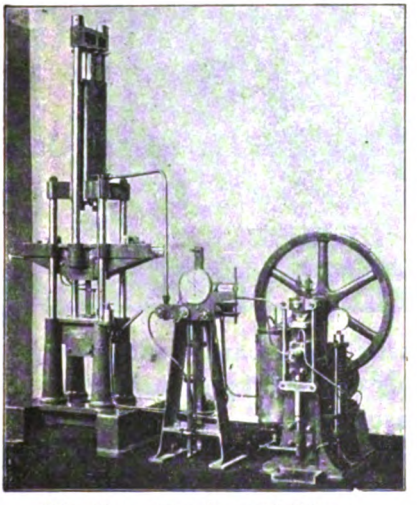
Materialprüfungs-Maschinen

in allen Größen

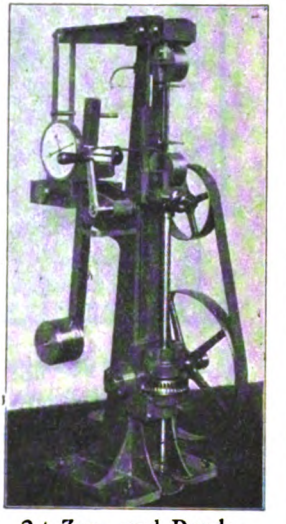


150 m kg Torsionsmaschine.

für Metalle,
Zement, Beton,
Stein, Holz etc.
auf Zug, Druck,
Biegung, Torsion,
Schlag, Härte,
Abnützung,
Wasserdurch-
lässigkeit etc.



50 t Zug-, Druck- und Biege-maschine.



2 t Zug- und Druck-maschine.

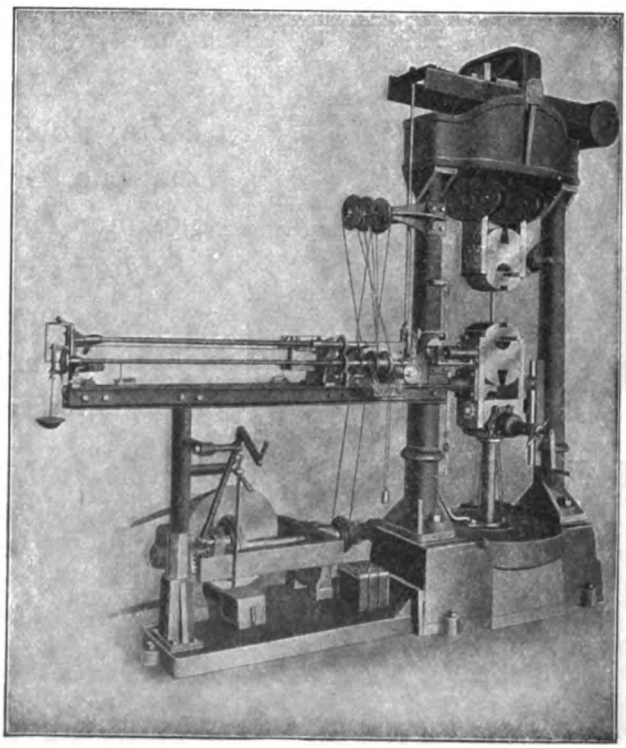
Digitized by Google

Carl Schenck

Eisengießerei und Maschinen-Fabrik

Darmstadt

Gesellschaft mit beschränkter Haftung.



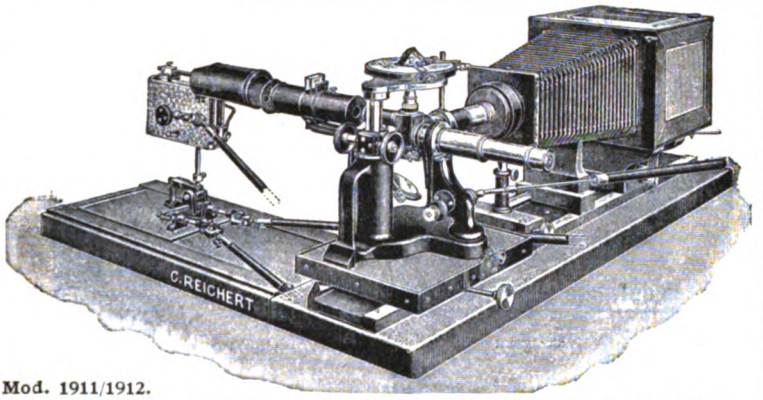
Materialprüfungsmaschinen mit Laufgewichtswage oder Meßdose.
Kettenprüfungsmaschinen bis 200 tons.
Federprüfungsmaschinen. — Pendelschlagwerke.
Windenprüfungsmaschinen.

Digitized by Google

OPTISCH-MECHANISCHE WERKE

C. REICHERT, WIEN, VIII/2

Gegründet 1876 Spezialität: Mikroskope und Nebenapparate.



Mod. 1911/1912.

Neues Metallmikroskop. Vollkommenste Einrichtung für Metalluntersuchungen, in den ersten Stahlwerken bereits eingeführt.

Man verlange Preisliste, Kostenvoranschläge und Mikrophotographien.

Metallmikroskope nach REJTÖ. Mikroskop nach BRINELL zur Bestimmung der Härte und Festigkeit von Metallen.

Bergische Stahl-Industrie

G. m. b. H.

Gußstahlfabrik, Remscheid.

SPEZIALITÄT

Hochwertiger Konstruktionsstahl

als

Nickelstahl bis 40% Nickel **Chromnickelstahl**

für Automobile, Luftschiffe, Boots- und allgemeinen Maschinenbau.

Garantie für zuverlässiges und erstklassiges Material.

Goldene Staatsmedaille □□ Düsseldorf 1902: Goldene Ausstellungsmedaille.

Arbeiterzahl zirka 2000.

Digitized by Google

Stᵉ des Etablᵗˢ

MALICET & BLIN

à AUBERVILLIERS

(Seine) - France.

Engrenages taillés de toutes sortes.

Roulements à billes.

Pièces détachées pour Automobiles.

Appareil type D

Appareils pour la mesure directe de la dureté Brineil

(Système R. Guillery)

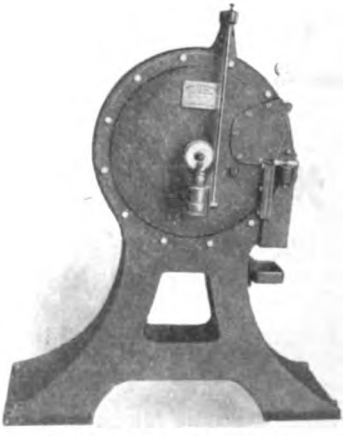
Appareil à bille de 5 mm
(Type P, portatif)

Appareil à bille de 10 mm
(Type D)

Appareil type P

Appareil de mesure de la Résilience des Métaux

(nouveaux moutons dynamométriques de 60 et 275 kgm)
Système R. Guillery



Mouton dynamométrique.

Envoi du catalogue et notices, franco, sur demande adressée à :

Stᵉ des Etablᵗˢ

MALICET & BLIN

Aubervilliers

(Seine) - France.

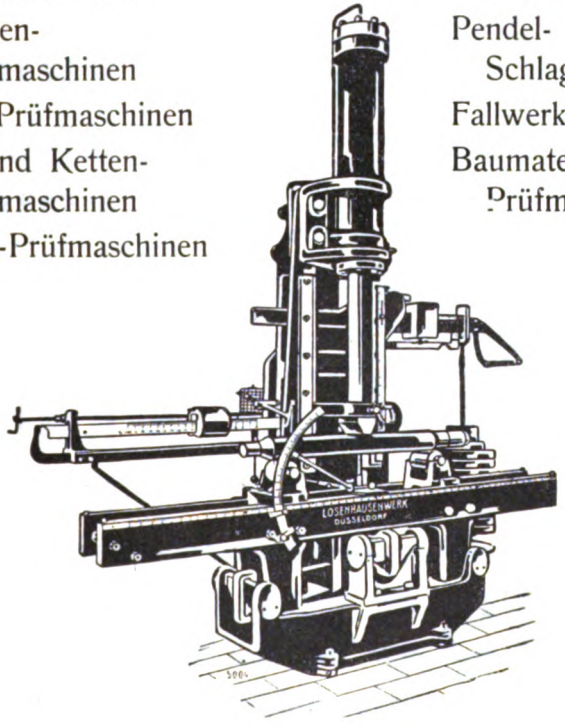
Digitized by Google

Düsseldorfer Maschinenbau-Actiengesellschaft
vorm. J. LOSENHAUSEN DÜSSELDORF-GRAFENBERG.

Material-Prüfmaschinen

Universal-Prüfmaschinen
Gußeisen-Prüfmaschinen
Draht-Prüfmaschinen
Seil- und Ketten-Prüfmaschinen
Federn-Prüfmaschinen

Härte-Prüfmaschinen
Pendel-Schlagwerke
Fallwerke
Baumaterial-Prüfmaschinen



Federn- und Achsen-Prüfmaschine.

Digitized by Google

ROBERT ZAPP

WERKZEUGSTAHL, in jeder Form für alle Verwendungszwecke. Fabrikat **KRUPP**

SCHNELLDREHSTAHL, in verschied. Härtegraden je nach Verwendungszweck. Fabrikat **KRUPP**

HARTSTAHL für Zerkleinerungsmaschinen, Baggerteile, Straßenbahn-Kreuzungen etc. Fabrikat **KRUPP**

AUTOMOBIL-MATERIAL für hochbeanspruchte Teile, in Spezial-, Nickel- und Chromnickel-Qualitäten. Fabrikat **KRUPP**

GESENKSCHMIEDESTÜCKE, PRESSTEILE etc. für d. Kraftwagen-, Motorboot- und Luftfahrzeug-Bau. Fabrikat **KRUPP**

KONSTRUKTIONSSTAHL für hochbeanspruchte Teile des allgemeinen Maschinenbaues. Fabrikat **KRUPP**

KUGELLAGERSTAHL in hoher elastischer Härte, nach Spezialverfahren extra weich geglüht. Fabrikat **KRUPP**

SPEZIALSTAHL f. Spülversatzanlagen, hochbeanspruchte Rohre, besonders Krümmer. Fabrikat **KRUPP**

FEILEN und KALTSÄGEBLÄTTER aus Spezialstahl zur Bearbeitung harter Materialien. Fabrikat **KRUPP**

TIEFBOHRMEISSEL und STEIN-BOHRSTAHLE für mittelharte, harte und härteste Gesteine. Fabrikat **KRUPP**

WIDERSTANDSMATERIAL für Vorschalt-, Anlaß- u. Regulierwiderstände, höchster spez. Widerstand. Fabrikat **KRUPP**

SCHÖPFKELLEN für Glasfabriken, aus Stahlblech in einem Stück gepreßt. Fabrikat **KRUPP**

DÜSSELDORF

ZWEIGNIEDERLASSUNGEN:

Berlin, Paris, Mailand, Amsterdam, Stuttgart, Nürnberg, Chemnitz.

Digitized by Google

SOCIÉTÉ DES CIMENTS FRANÇAIS

Siège social :

BOULOGNE-SUR-MER

SOCIETE ANONYME AU CAPITAL DE DIX MILLIONS

CIMENT PORTLAND

"DEMARLE-LONQUÉTY"

PARIS : Exposition Universelle 1889
HORS CONCOURS, MEMBRE DU JURY

PARIS : Exposition Universelle 1900
HORS CONCOURS, MEMBRE DU JURY

Usines à BOULOGNE-SUR-MER

□ **DESVRES (Pas-de-Calais). — GUERVILLE (Seine-et-Oise).** □
LA SOUYS, près Bordeaux (Gironde). — COUVROT, près Vitry-le-François (Marne).

PRODUCTION ANNUELLE : 400.000 TONNES

ADRESSES : { **Postale : 80, RUE TAITBOUT, PARIS.**
Télégraphique : CIMFRAN, PARIS.

Digitized by Google

Grand Prix Paris 1889—1900 Grand Prix Paris 1889—1900

SOCIÉTÉ EN COMMANDITE PAR ACTIONS

J. & A. PAVIN DE LAFARGE

CAPITAL: 8,426.800 Francs

Usines de Lafarge, du Teil, de Cruas (Ardèche), de Valdonne et de la Bédoule (B.-du-Rh.), de Contes les Pins (Alpes Maritimes), de Vitry le François (Marne)

La Société est fermière des carrières et fours du Détroit (Propriété de la Commune du Teil)

Chaux hydraulique de Lafarge et du Teil

CIMENT PORTLAND LAFARGE

Ciment blanc et gris, spécial pour carrelages

Ciment extra blanc pour matériaux artificiels, moulages

CHAUX ET CIMENT MARITIMES

Ciment Artificiel

LAFARGE-VALDONNE

(B.-du-Rh.)

Production annuelle: **700.000 TONNES**

Siège social à VIVIERS (Ardèche)

Succursale pour l'exportation, 30 Cours Pierre Puget Marseille. — Agence de Paris, 53 Rue de Châteaudun (IX^e^).

Digitized by Google

F. L. SMIDTH & Co.

INGENIEURE UND MASCHINENFABRIKANTEN

KOPENHAGEN K ○ **BERLIN NW 6**

Vestergade 33 — Schiffbauerdamm 27

LONDON — Pal. Chambers, 9, Bridge Str., S.W.

PARIS — 5, rue Fénelon (10e)

NEW YORK — 50, Church Street, City

BIELITZ — (Österr.-Schlesien)

ST. PETERSBURG — Gorochovaja 1

BAUPLÄNE UND MASCHINEN

für

Zementwerke und Kalkwerke

sowie

Minen-Industrie

Vorherige Prüfung der Rohstoffe in unserem

Chemischen u. Versuchslaboratorium

mit

Versuchsrotierern und Versuchsmühlen

ausgestattet

Zeichen- und Konstruktions-Bureau

in Verbindung mit unseren verschiedenen eigenen

= Maschinenwerkstätten =

in

KOPENHAGEN, LÜBECK und NEW YORK

☛ Anfragen bitten wir nur **direkt** an uns zu richten ☚

Digitized by Google

Hydraulische Material-Prüf- und Zerreiß-Maschine

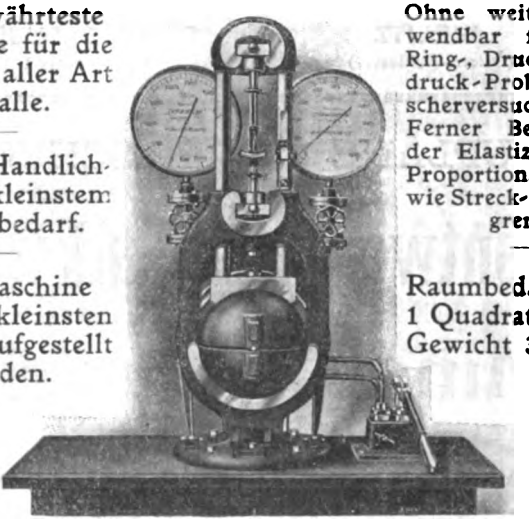
(Patent SCHILLER)

Patentiert in allen Staaten.

Bestbewährteste Maschine für die Prüfung aller Art Metalle.

Größte Handlichkeit bei kleinstem Raumbedarf.

Die Maschine kann im kleinsten Raum aufgestellt werden.



Ohne weiteres verwendbar für Stab-, Ring-, Druck-, Kugeldruck-Proben, Lochscherversuche etc. etc. Ferner Bestimmung der Elastizitäts- und Proportionalitäts-, sowie Streck- und Fließgrenze.

Raumbedarf zirka 1 Quadratmeter u. Gewicht 350 Kilo.

Für STABPRÜFUNGEN bis 35.000 Kilogramm Gesamtbelastung.
Für RINGPRÜFUNGEN bis 50.000 Kilogramm Gesamtbelastung.

DONAUWERK

ERNST KRAUSE & Co.

PRAG II — Elisabethstraße 10

WIEN XX/2 — Engerthstraße 165

BUDAPEST V — Alkotmány-utcza 4 (Palatinus-palóta)

Verkauf für alle übrigen Länder:

BERLIN NW 87 **ALFRED H. SCHÜTTE** KÖLN-DEUTZ

BRÜSSEL □ PARIS □ MAILAND □ BARCELONA □ BILBAO

ST. PETERSBURG □ NEW-YORK.

London E. C. **C. W. Burton Griffiths and Co.**, Ludgate Square, Ludgate Hill.

Herausgeber und Verleger: Internationaler Verband für die Materialprüfungen der □ Technik, Wien, II 2, Nordbahnstraße 50. — Buchdruckerei Paul Gerin, Wien. □

Digitized by Google

6 20.6
5
62

MITTEILUNGEN

DES INTERNATIONALEN VERBANDES FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

Erscheinen in zwanglosen Heften, wenigstens 4 mal jährlich, in deutscher, französischer und englischer Ausgabe. Für Mitglieder des Verbandes unentgeltlich.

WIEN,
20. Mai 1911
Bd. II. Nr. 4.

Preis dieser Nummer für Nichtmitglieder M 1·00. Kommissionsverlag für die deutsche Ausgabe: J. Springer, Berlin N. 24, Monbijouplatz 3.

Inhalt: Verschiedene Mitteilungen. — Protokoll der XXII. Vorstandssitzung. — Die amerikanische Normalmaschine für Schienenschlagproben. — Gegenüberstellung einheitlicher Liefervorschriften für Schiffbaueisen und Gußeisen.

Diese Nummer enthält:

	Seite
Personalnachrichten	217
Der VI. Kongreß 1912	217
Neue Berichterstatter	218
Veränderungen in den Kommissionen	218
Änderungen im Wortlaute der Aufgaben 27, 48, 7	219
Neue Subventionen	219
Der Schriftleitung zugesandte Bücher	219
Druckfehlerberichtigung	219
Protokoll der XXII. Vorstandssitzung, abgehalten zu München, 18. März 1911	220
Die amerikanische Normalschlagmaschine für Schienen	239
Gegenüberstellung einheitlicher Liefervorschriften für Schiffbaueisen und für Gußeisen	249

INSERATENAUFNAHME im Generalsekretariat: Wien, II/2, Nordbahnstraße 50.

Verfahren zur Prüfung

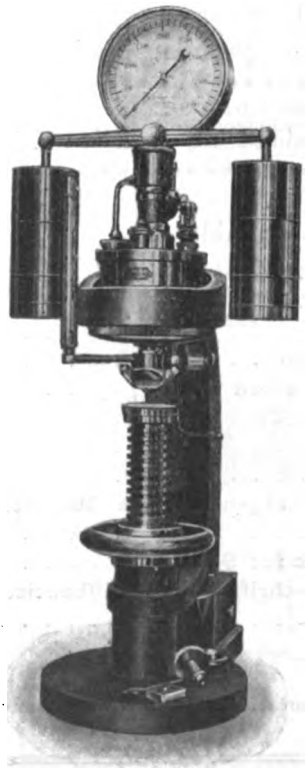
von Metallen, Legierungen, von hydraulischen Bindemitteln, von Holz, von Ton-, Steinzeug- und Zementröhren, empfohlen vom IV. Kongreß, abgehalten zu Brüssel 1906. F. DEUTICKE, Leipzig und Wien. M. 1.—.

DER V. KONGRESS

des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik, abgehalten zu Kopenhagen 1909. Berichte und Verhandlungsprotokoll, 1 Band geh. M 15.—. S. Springer, Berlin.

Digitized by Google

Apparate zur Bestimmung der Härte an Metallen.



Bereits geliefert an die bedeutendsten Materialprüfungsanstalten, Stahlwerke, Schiffswerften, Eisenbahnen, Militärbehörden, Waffen- und Geschoßfabriken, Automobilfabriken, Werkzeugfabriken etc. der ganzen Welt.

Genaue Resultate, selbst wenn das Manometer unrichtig anzeigt. Ausführlicher Prospekt, Gutachten der Kgl. Materialprüfungs-Anstalt zu Gr.-Lichterfelde, sowie der Kgl. Techn. Hochschule zu Stockholm, nebst Referenzenliste auf Verlangen.

ALLEIN-VERKÄUFER

für

DEUTSCHLAND: Ing. P. F. Dujardin & Co., Breitestraße 71, Düsseldorf 74.

FRANKREICH: Jarre & Cie., Boulevard Haussmann 43, Paris.

BELGIEN: Philippe & L. Jean Berger, Charleroi.

GROSSBRITANNIEN: J. W. Jackman & Co. Ltd., Caxton House, Westminster, London SW.

ITALIEN: A. C. Zambelli, C. Raffaello 20, Turin.

HOLLAND: Wynmalen & Hausmann, Glashaven 2, Rotterdam.

AKTIEBOLAGET ALPHA

STOCKHOLM C 1, Schweden.

Telegrammadresse: AKTIEALPHA, Stockholm.

Digitized by Google

Insertionseinladung.

MITTEILUNGEN

DES INTERNATIONALEN VERBANDES FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK.

GENERALSEKRETARIAT DES VERBANDES: WIEN, II/2, NORDBAHNSTRASSE 50.

VORSTANDSMITGLIED FÜR DEUTSCHLAND:
GEH. OBERREGIERUNGSRAT PROF. DR. ING. A. MARTENS, GR. LICHTERFELDE, W.

Unter dem obigen Titel erscheint seit Mai 1908 das

offizielle Organ des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik,

der größten und bedeutendsten Vereinigung, welche die Behandlung aller auf das Materialwesen bezüglichen Fragen zum Ziele hat. Der Internationalität des Verbandes entsprechend, erscheinen die „Mitteilungen“ in drei Sprachen, deutsch, französisch und englisch; sie werden in Deutschland, Frankreich, England und Amerika buchhändlerisch verlegt und an die Mitglieder in allen Ländern der Welt versandt. Die Gesamtauflage beträgt 5000 Exemplare. Die Qualität dieses ständigen Leserkreises, der sich aus Forschern, Industriellen, Vertretern der Behörden und technischen Vereinen zusammensetzt, macht die „Mitteilungen“ für die Interessenten zu einem

Insertionsorgan ersten Ranges.

Insbesondere alle Industrien, welche künstliche Baustoffe erzeugen oder verarbeiten, alle Hüttenwerke, Beton-, Zement- und Eisenbetonfirmen, ferner die Interessenten der modernen

Digitized by Google

Kunststeinfabrikation, die Erzeuger von Materialprüfungsmaschinen, die Werkzeugmaschinen-Fabrikanten, die an den großen Fortschritten in der Herstellung und Prüfung des Werkzeugstahles interessiert sind, die Holz-, Farb-, Papier-, Öl- und Asphaltindustrie finden in den „Mitteilungen" Berührung mit den Abnehmern und Verarbeitern ihrer Erzeugnisse.

Die „Mitteilungen" erscheinen mindestens sechsmal des Jahres und sind durch ihren wissenschaftlichen Inhalt und durch die Veröffentlichung von Lieferungsbedingnissen Dokumente von bleibendem Wert.

Das Erträgnis der Inserate kommt ausschließlich dem Verbande zur Förderung des Materialprüfungswesens zugute.

Preis einer Oktavseite	1 Nummer	5 Nummern	10 Nummern
In der deutschen Ausgabe allein .	35 Mk.	140 Mk.	245 Mk.
In der gesamten, dreisprachigen Ausgabe	50 Mk.	200 Mk.	350 Mk.

Für halbe oder Viertelseiten gilt der entsprechende Teil dieses Satzes.

Mitglieder des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik genießen von obigen Preisen einen Rabatt von 10%.

Inseratenanmeldungen im **Generalsekretariat des Verbandes,** Wien, II/$_2$, Nordbahnstraße 50.

Probenummern der „Mitteilungen" werden über Wunsch zugesandt.

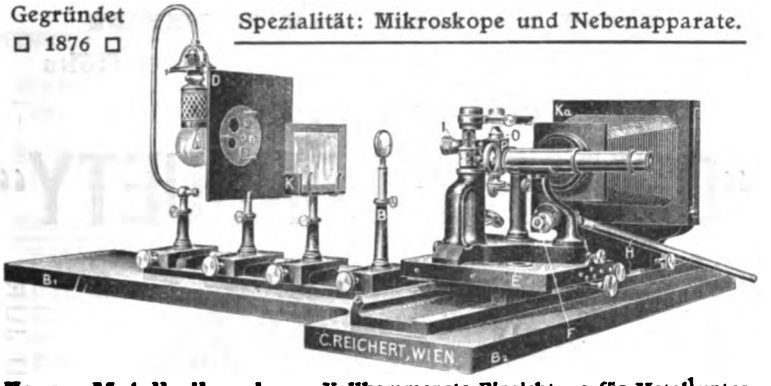
Digitized by Google

OPTISCH-MECHANISCHE WERKE

C. REICHERT, WIEN, VIII/2

Gegründet
□ 1876 □

Spezialität: Mikroskope und Nebenapparate.



Neues Metallmikroskop. Vollkommenste Einrichtung für Metalluntersuchungen, in den ersten Stahlwerken bereits eingeführt.

Man verlange Preisliste, Kostenvoranschläge und Mikrophotographien.

Metallmikroskope nach REJTÖ. Mikroskop nach BRINELL zur Bestimmung der Härte und Festigkeit von Metallen.

Bergische Stahl-Industrie

G. m. b. H.

Gußstahlfabrik, Remscheid.

SPEZIALITÄT

Hochwertiger Konstruktionsstahl

als

Nickelstahl bis 40% Nickel **Chromnickelstahl**

für Automobile, Luftschiffe, Boots- und □□ allgemeinen Maschinenbau. □□

Garantie für zuverlässiges und erstklassiges Material.

Goldene Staatsmedaille □□ Düsseldorf 1902: Goldene Ausstellungsmedaille.
Arbeiterzahl zirka 2000.

Digitized by Google

SOCIÉTÉ DES CIMENTS FRANÇAIS

Siège social:

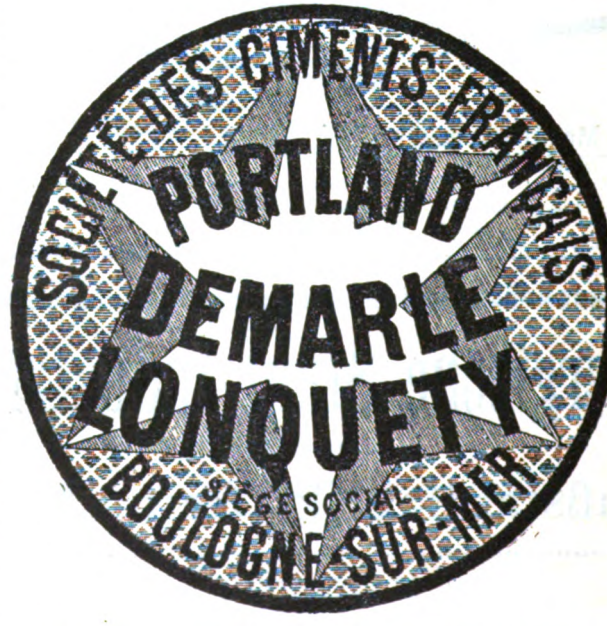
BOULOGNE-SUR-MER

SOCIETE ANONYME AU CAPITAL DE DIX MILLIONS

CIMENT PORTLAND

"DEMARLE-LONQUÉTY"

PARIS: Exposition Universelle 1889
HORS CONCOURS, MEMBRE DU JURY



PARIS: Exposition Universelle 1900
HORS CONCOURS, MEMBRE DU JURY

Usines à BOULOGNE-SUR-MER

□ DESVRES (Pas-de-Calais). — GUERVILLE (Seine-et-Oise). □
LA SOUYS, près Bordeaux (Gironde). — COUVROT, près Vitry-le-François (Marne).

Production annuelle: 300.000 TONNES

ADRESSES: { Postale: 80, RUE TAITBOUT, PARIS.
Télégraphique: CIMFRAN, PARIS.

Digitized by Google

ROBERT ZAPP

WERKZEUGSTAHL, in jeder Form für alle Verwendungszwecke. Fabrikat **KRUPP**

SCHNELLDREHSTAHL, in verschied. Härtegraden je nach Verwendungszweck. Fabrikat **KRUPP**

HARTSTAHL für Zerkleinerungsmaschinen, Baggerteile, Straßenbahn-Kreuzungen etc. Fabrikat **KRUPP**

AUTOMOBIL-MATERIAL für hochbeanspruchte Teile, in Spezial-, Nickel- und Chromnickel-Qualitäten. Fabrikat **KRUPP**

GESENKSCHMIEDESTÜCKE, PRESSTEILE etc. für d. Kraftwagen-, Motorboot- und Luftfahrzeug-Bau. Fabrikat **KRUPP**

KONSTRUKTIONSSTAHL für hochbeanspruchte Teile des allgemeinen Maschinenbaues. Fabrikat **KRUPP**

KUGELLAGERSTAHL in hoher elastischer Härte, nach Spezialverfahren extra weich geglüht. Fabrikat **KRUPP**

SPEZIALSTAHL f. Spülversatzanlagen, hochbeanspruchte Rohre, besonders Krümmer. Fabrikat **KRUPP**

FEILEN und KALTSÄGEBLÄTTER aus Spezialstahl zur Bearbeitung harter Materialien. Fabrikat **KRUPP**

TIEFBOHRMEISSEL und STEINBOHRSTAHLE für mittelharte, harte und härteste Gesteine. Fabrikat **KRUPP**

WIDERSTANDSMATERIAL für Vorschalt-, Anlaß- u. Regulierwiderstände, höchster spez. Widerstand. Fabrikat **KRUPP**

SCHÖPFKELLEN für Glasfabriken, aus Stahlblech in einem Stück gepreßt. Fabrikat **KRUPP**

DÜSSELDORF

ZWEIGNIEDERLASSUNGEN:

Berlin, Paris, Mailand, Amsterdam, Stuttgart, Nürnberg, Chemnitz.

Digitized by Google

Grand Prix Paris 1889—1900 Grand Prix Paris 1889—1900

SOCIÉTÉ EN COMMANDITE PAR ACTIONS

J. & A. PAVIN DE LAFARGE

CAPITAL: 8,426.800 Francs

Usines de Lafarge, du Teil, de Cruas (Ardèche), de Valdonne et de la Bédoule (B.-du-Rh.), de Contes les Pins (Alpes Maritimes), de Vitry le François (Marne)

La Société est fermière des carrières et fours du Détroit (Propriété de la Commune du Teil)

Chaux hydraulique de Lafarge et du Teil

CIMENT PORTLAND LAFARGE

Ciment blanc et gris, spécial pour carrelages

Ciment extra blanc pour matériaux artificiels, moulages

CHAUX ET CIMENT MARITIMES

Ciment Artificiel

LAFARGE-VALDONNE

(B.-du-Rh.)

Production annuelle: **600.000 TONNES**

Siège social à VIVIERS (Ardèche)

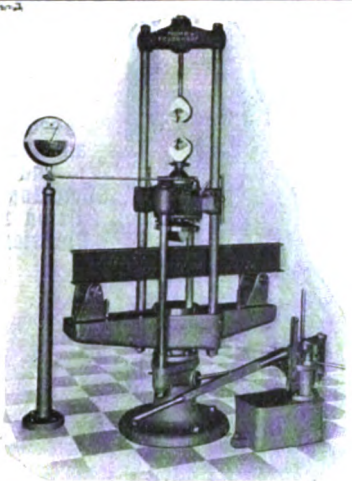
Succursale pour l'exportation, 30 Cours Pierre Puget Marseille. — Agence de Paris, 53 Rue de Châteaudun (IX^e^).

Digitized by Google

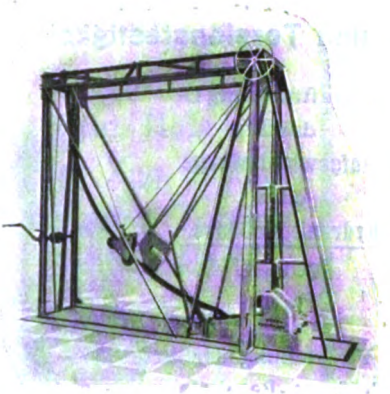
Mannheimer Maschinenfabrik
MOHR & FEDERHAFF, MANNHEIM (Baden).

Spezial-Fabrik für

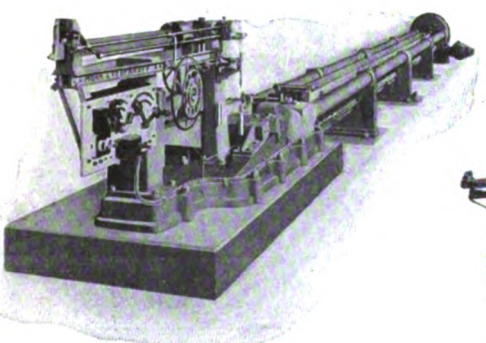
Materialprüfungs-Maschinen.



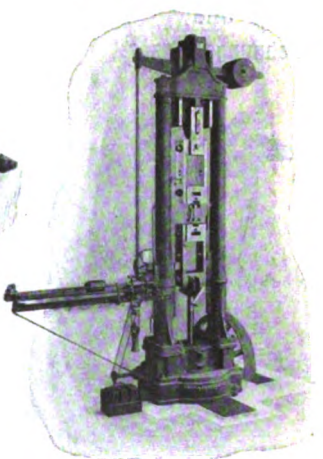
Universal-Prüfungsmaschine mit Meßdose.



Pendel-Schlagwerk, „System Charpy".



Liegende Prüfungsmaschine mit elektrischem Antrieb.



50-t. Zerreißmaschine mit Laufgewichtswaage.

Digitized by Google

Düsseldorfer Maschinenbau-Act.-Ges.

vorm. **J. LOSENHAUSEN, Düsseldorf-Grafenberg.**

Materialprüf-Maschinen

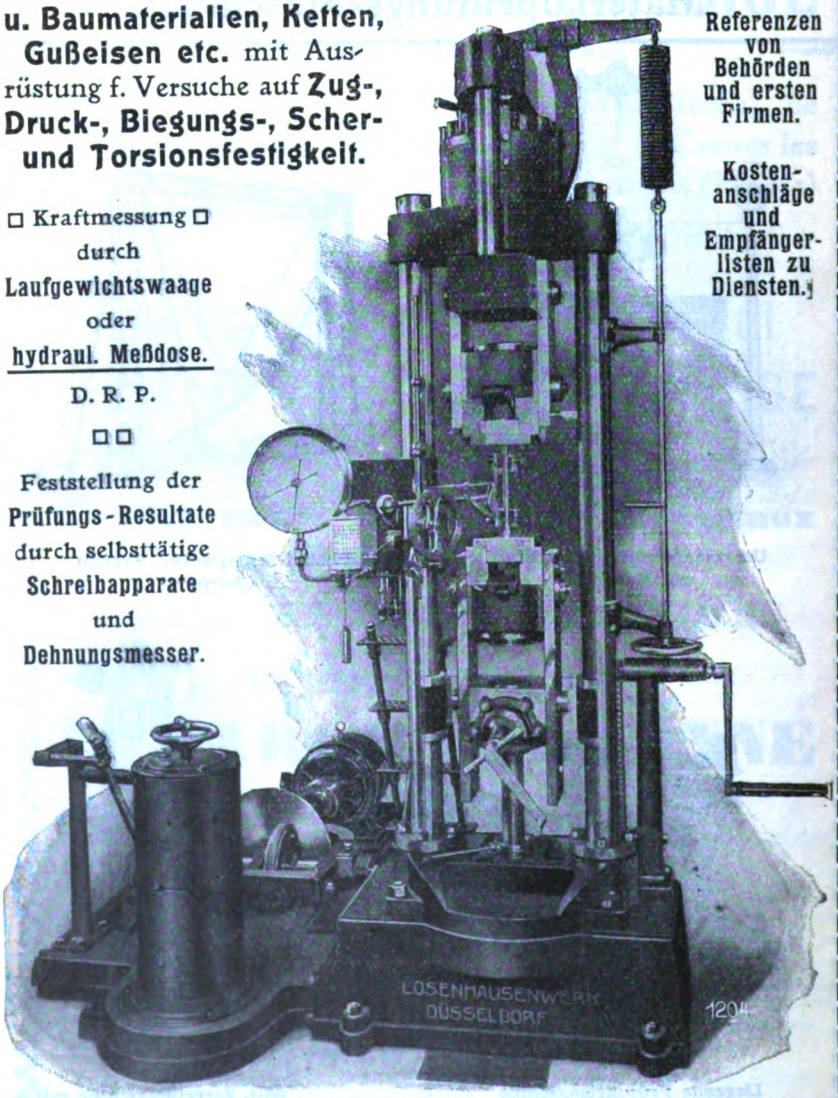
zum Prüfen von **Metallen, Hanf- und Drahtseilen, Zement- u. Baumaterialien, Ketten, Gußeisen etc.** mit Ausrüstung f. Versuche auf **Zug-, Druck-, Biegungs-, Scher- und Torsionsfestigkeit.**

□ Kraftmessung □
durch
Laufgewichtswaage
oder
hydraul. Meßdose.
D. R. P.
□□

Feststellung der
Prüfungs-Resultate
durch selbsttätige
Schreibapparate
und
Dehnungsmesser.

Referenzen von Behörden und ersten Firmen.

Kostenanschläge und Empfängerlisten zu Diensten.



Universal-Prüfmaschine mit Meßdose D. R. P. für 50.000 kg Zugkraft, mit Schnellspannköpfen. Antrieb durch Elektromotor, f. beliebige Zugspindelgeschwindigkeit eingerichtet.

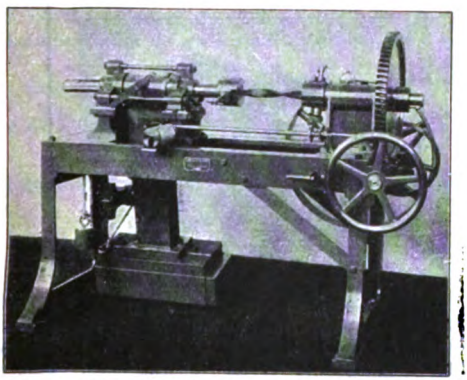
Digitized by Google

J. AMSLER-LAFFON & SOHN

in Schaffhausen (Schweiz).

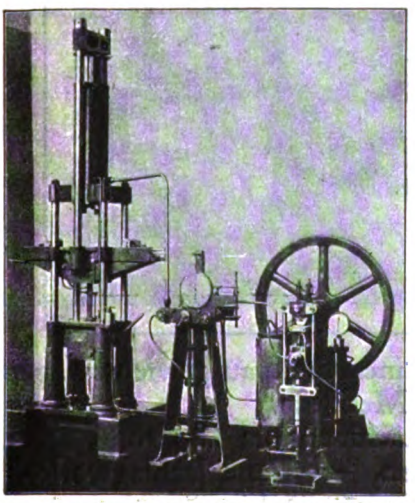
Materialprüfungs-Maschinen

in allen Größen

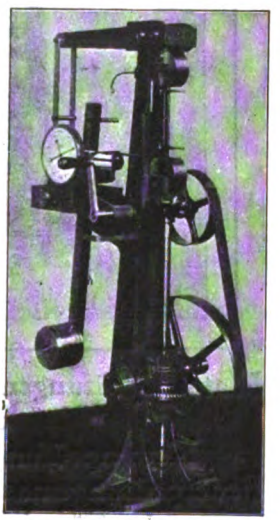


150 m kg Torsionsmaschine.

für Metalle,
Zement, Beton,
Stein, Holz etc.
auf Zug, Druck,
Biegung, Torsion,
Schlag, Härte,
Abnützung,
Wasserdurch-
lässigkeit etc.



50 t Zug-, Druck- und Biege-maschine.



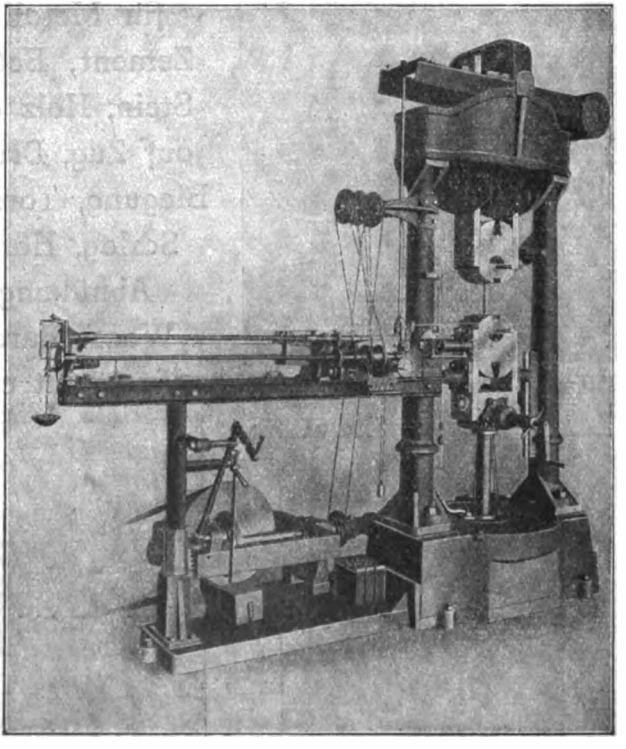
2 t Zug- und Druck-maschine.

Digitized by Google

Carl Schenck Eisengießerei und Maschinen-Fabrik

Darmstadt

Gesellschaft mit beschränkter Haftung.



Materialprüfungsmaschinen mit Laufgewichtswage oder Meßdose.
Kettenprüfungsmaschinen bis 200 tons.
Federprüfungsmaschinen. — Pendelschlagwerke.
Windenprüfungsmaschinen.

Herausgeber und Verleger: Internationaler Verband für die Materialprüfungen der Technik, Wien, II/2, Nordbahnstraße 50. — Buchdruckerei Paul Gerin, Wien.

Digitized by Google

620.6
50

THE JOHN CREAR LIBRARY
SEP 14 1911

MITTEILUNGEN

DES INTERNATIONALEN VERBANDES FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

Erscheinen in zwanglosen Heften, wenigstens 4 mal jährlich, in deutscher, französischer und englischer Ausgabe. Für Mitglieder des Verbandes unentgeltlich.

WIEN,
15. Juli 1911
Bd. II. Nr. 5.

Preis dieser Nummer für Nichtmitglieder M 1·00. Kommissionsverlag für die deutsche Ausgabe: J. Springer, Berlin N. 24, Monbijouplatz 3.

Inhalt: Denkschrift zu Ehren von Dr. Charles Benjamin Dudley.

DENKSCHRIFT

ZU EHREN VON

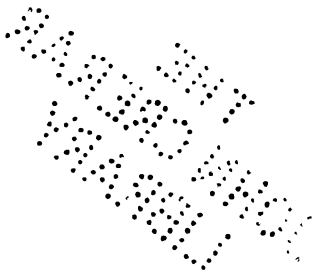
DR. CHARLES BENJAMIN DUDLEY

Präsident des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik.

Verfaßt von ERNST REITLER, General-Sekretär des Verbandes.

Der amerikanische Verband hat zu Ehren des Dr. Charles Benjamin Dudley ein Gedächtniswerk in englischer Sprache herausgegeben, welches Beiträge über das Leben und Schaffen des Verstorbenen aus der Feder seiner Freunde und neun seiner hervorragendsten Reden wiedergibt. Das Buch umfaßt 270 Seiten, 3 Illustrationen und ist gebunden um 2 Doll. 50 cts. vom Sekretär des amerikanischen Verbandes, H. Prof. E. Marburg, University of Pennsylvania, Philadelphia, zu beziehen. Auf der letzten Umschlagseite dieser Nummer ist das Inhaltsverzeichnis des Gedächtniswerkes wiedergegeben.

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Memorial Volume

Commemorative of

The Life and Life-Work

of

Charles Benjamin Dudley, Ph. D.

PUBLISHED BY THE AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS.

TABLE OF CONTENTS

Sonnet in Memory of Charles Benjamin Dudley. — Harvey W. Wiley.
Charles Benjamin Dudley. — Biographical Sketch. — Edgar Marburg.
Some Familiar Glimpses of Dr. Dudley as he appeared to his Fellow-Workers at Altoona. — M. E. Mc. Donnell.
Memorial Session held by the American Society for Testing Materials.
Addresses delivered at the Memorial Session.
- Introductory Remarks by the Vice-President. — Mr. Robert W. Lesley.
- Charles B. Dudley as a Railroad Man. — Theodore N. Ely.
- Charles B. Dudley as a Chemist. — Edgar F. Smith.
- Charles B. Dudley as a Metallurgist. — Henry M. Howe.
- Charles B. Dudley as a Mentor. — B. W. Dunn.
- Charles B. Dudley as a Citizen. — W. H. Schwartz.
- Charles B. Dudley. — A Personal Tribute. — Robert W. Hunt.

Resolutions, Minutes and Announcements on the Death of Charles Benjamin Dudley.
Selected Editorials and Press Notices on the Death of Charles Benjamin Dudley.
Personal Tributes to the Memory of Charles Benjamin Dudley.
- Tribute by Dr. Henry M. Howe.
- Tribute by a Classmate, Lyne Starling.
- Tribute by Col. B. W. Dunn, U. S. A.

Statistical Data
- Scientific, Technical, Social and other Organisations in which Dr. Dudley held Membership.
- Offices and Honors held by Charles B. Dudley.
- Bibliography of Charles B. Dudley, Ph. D.
- List of Patents issued to Charles B. Dudley.

Presidential Addresses of Charles Benjamin Dudley before the American Society for Testing Materials.
- The Making of Specifications for Materials, 1903.
- The Influence of Specifications on Commercial Products, 1904.
- The Testing Engineer, 1905.
- The Enforcement of Specifications, 1907.
- Some Features of the Present Steel Rail Question, 1908.
- Engineering Responsibility, 1909.

Selected Addresses of Charles Benjamin Dudley.
- The Dignity of Analytical Work. Presidential Address delivered before the American Chemical Society in 1897.
- Address before the National Association of Railway Commissioners, Washington, D. C., October, 1908.
- Extracts from Address of Dr. Charles B. Dudley at the Dedication of Drown Hall, Lehigh University, June 15, 1908.

LIST OF PLATES

Portrait. — At the Age of Eight. — Bas-Relief on Monument to 114th Regiment, New York Volunteers.

Herausgeber und Verleger: Internationaler Verband für die Materialprüfungen der Technik, Wien, II 2, Nordbahnstraße 50. — Buchdruckerei Paul Gerin, Wien.

Digitized by Google

APR 2 312

MITTEILUNGEN
DES INTERNATIONALEN VERBANDES FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

Erscheinen in zwanglosen Heften, wenigstens 4 mal jährlich, in deutscher, französischer und englischer Ausgabe. Für Mitglieder des Verbandes unentgeltlich.

WIEN,
15. Jänner 1912.
Bd. II. Nr. 6.

Preis dieser Nummer für Nichtmitglieder M 1·50. Kommissionsverlag für die deutsche Ausgabe: J. Springer, Berlin N. 24, Monbijouplatz 3.

Inhalt: Geschäftliche Mitteilungen. — Literaturschau.

Diese Nummer enthält:

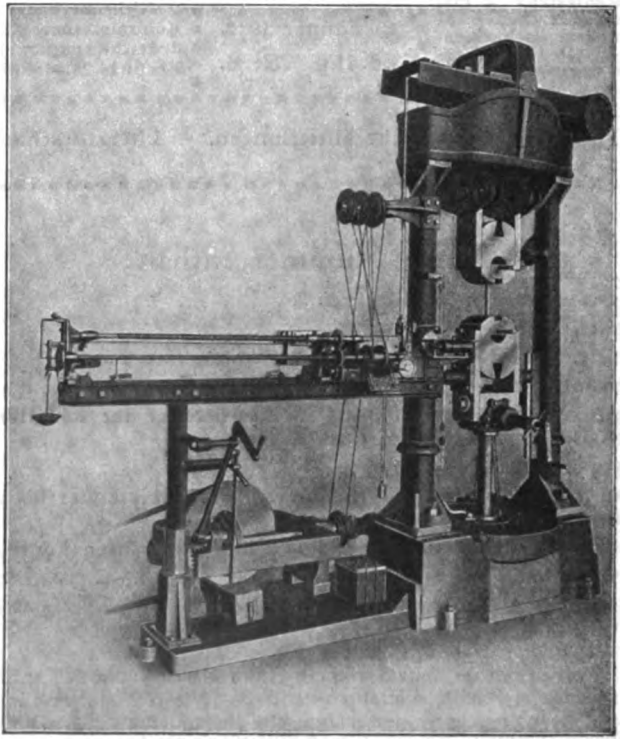
Seite

Mitteilungen über den VI. Kongreß 279
Personalnachrichten 281
Veränderungen in den Kommissionen 281
Neue Subventionen 282
Begünstigungen für Verbandsmitglieder im Bezuge der Schriften des British Fire Prevention Committee 283
Eingelangte Bücher 283
Rundschau über die Veröffentlichungen im Gebiete der Materialprüfung 285
I. Einheitliche Lieferbedingungen und Prüfungsverfahren (Fortsetzung). 285
II. Veröffentlichungen in Zeitschriften 1910 286
Hilfsmittel der mechanischen Prüfung und Laboratorien . 286
Metalle:
Festigkeitsversuche 291
Physikalische Prüfungsverfahren (exkl. Mikroskopie) 298
Chemische Prüfungsverfahren 302
Gefügeuntersuchung und thermische Behandlung 305
Eisen, Stahl, Legierungen und ihre Eigenschaften 315
Einfluß mechanischer und hüttenmännischer Behandlung auf die Eigenschaften der Metalle 324
Zement, Mörtel Beton, Gips:
Physikalische und chemische Eigenschaften 332
Erhärtung und Festigkeit 339
Eisenbeton 343
Künstliche und natürliche Bausteine 349
Holz 354
Papier 357
Kautschuk 358
Öle und Asphalt 360
Rosten und Rostschutzmittel 364
Diverses 367
III. Bücher und Broschüren über Materialwesen 371

Digitized by Google

Carl Schenck Eisengießerei und Maschinen-Fabrik
Darmstadt

Gesellschaft mit beschränkter Haftung.



Materialprüfungsmaschinen mit Laufgewichtswage oder Meßdose.
Kettenprüfungsmaschinen bis 200 tons.
Federprüfungsmaschinen. — Pendelschlagwerke.
Windenprüfungsmaschinen.

Digitized by Google

OPTISCH-MECHANISCHE WERKE

C. REICHERT, WIEN, VIII/2

Gegründet
□ 1876 □

Spezialität: Mikroskope und Nebenapparate.

Neues Metallmikroskop. Vollkommenste Einrichtung für Metalluntersuchungen, in den ersten Stahlwerken bereits eingeführt.

Man verlange Preisliste, Kostenvoranschläge und Mikrophotographien.

Metallmikroskope nach REJTÖ. Mikroskop nach BRINELL zur Bestimmung der Härte und Festigkeit von Metallen.

DER V. KONGRESS

DES INTERN. VERBANDES FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

abgehalten in Kopenhagen im September 1909. — 1. Teil: Berichte. 2. Teil: Kongreßverhandlungen. — Preis 15 Mk. Bei J. Springer, Berlin.

DER IV. KONGRESS

DES INTERN. VERBANDES FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

abgehalten in Brüssel, September 1906. — Die Veröffentlichungen des IV. Kongresses sind im Generalsekretariate erhältlich. — Vollständige Sammlung 15 Mk.

Prüfungsverfahren für Metalle u. Legierungen

hydraulische Bindemittel, Holz, Ton-, Zement- und Steinzeugröhren, empfohlen vom IV. Kongreß in Brüssel. — Preis 1 Mk. Bei F. Deuticke, Leipzig und Wien.

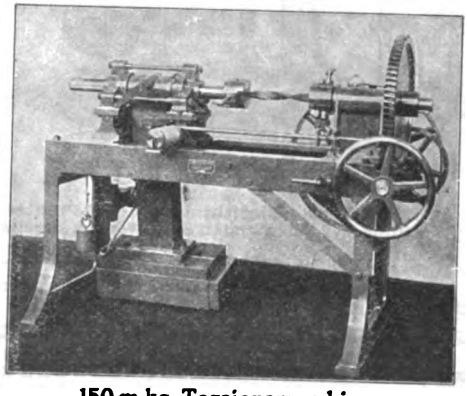
Digitized by Google

J. AMSLER-LAFFON & SOHN

in Schaffhausen (Schweiz).

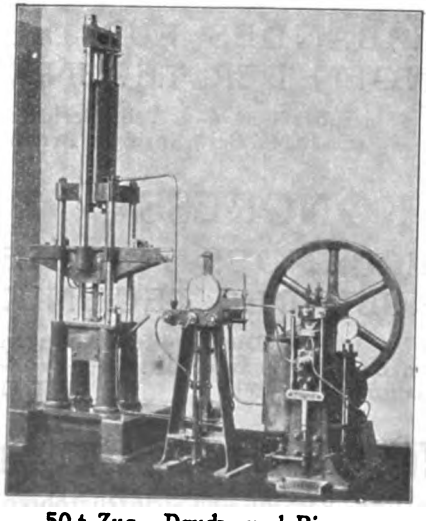
Materialprüfungs-Maschinen

in allen Größen

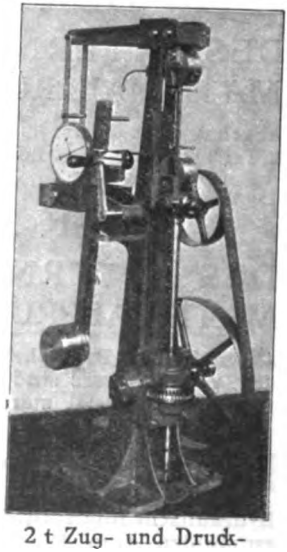


150 m kg Torsionsmaschine.

für Metalle,
Zement, Beton,
Stein, Holz etc.
auf Zug, Druck,
Biegung, Torsion,
Schlag, Härte,
Abnützung,
Wasserdurch-
lässigkeit etc.



50 t Zug-, Druck- und Biege-
maschine.



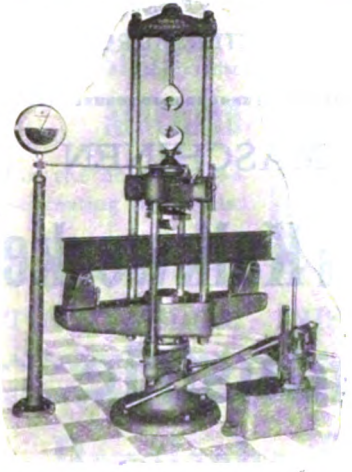
2 t Zug- und Druck-
maschine.

Digitized by Google

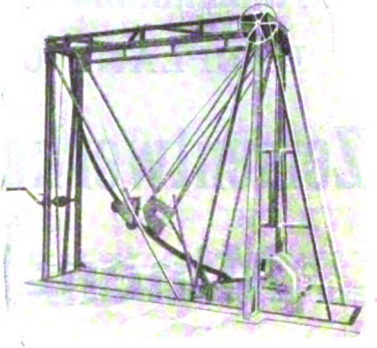
Mannheimer Maschinenfabrik
MOHR & FEDERHAFF, MANNHEIM (Baden).

Spezial-Fabrik für

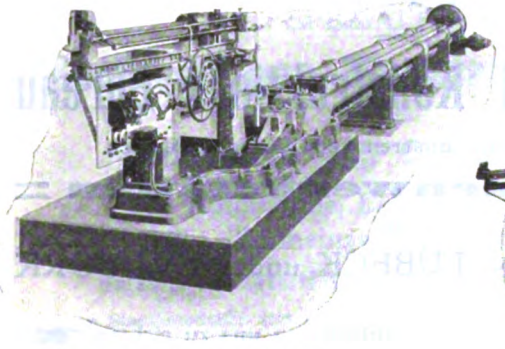
Materialprüfungs-Maschinen.



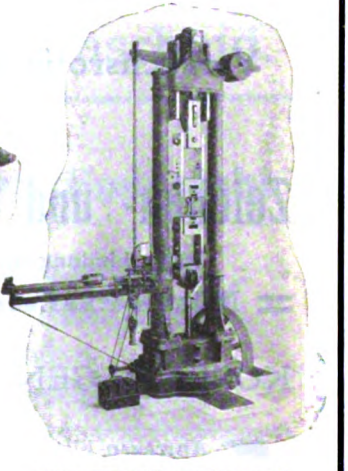
Universal-Prüfungsmaschine mit Meßdose.



Pendel-Schlagwerk, „System Charpy".



Liegende Prüfungsmaschine mit elektrischem Antrieb.



50-t. Zerreißmaschine mit Laufgewichtswaage.

Digitized by Google

F. L. SMIDTH & Co.

INGENIEURE UND MASCHINENFABRIKANTEN

KOPENHAGEN K ○ **BERLIN NW 6**

Vestergade 33 — Schiffbauerdamm 27

LONDON — Pal. Chambers, 9, Bridge Str., S.W.

PARIS — 5, rue Fénelon (10e)

NEW YORK — 50, Church Street, City

BIELITZ — (Österr.-Schlesien)

ST. PETERSBURG — Gorochovaja 1

BAUPLÄNE UND MASCHINEN

für

Zementwerke und Kalkwerke

sowie

Minen-Industrie

Vorherige Prüfung der Rohstoffe in unserem

Chemischen u. Versuchslaboratorium

mit

Versuchsrotierern und Versuchsmühlen

ausgestattet

Zeichen- und Konstruktions-Bureau

in Verbindung mit unseren verschiedenen eigenen

= Maschinenwerkstätten =

in

KOPENHAGEN, LÜBECK und NEW YORK

☛ Anfragen bitten wir nur **direkt** an uns zu richten ☚

Digitized by Google

WILLIAM SELLERS & Co. INCORPORATED

Philadelphia, U. S. A.

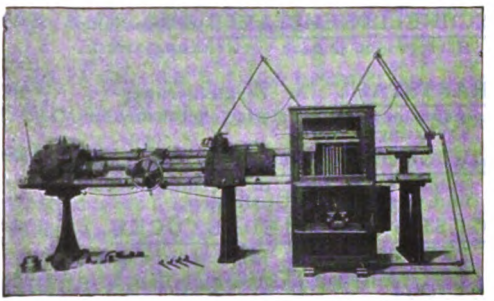
LABOR-SAVING MACHINE TOOLS

TRAVELLING & SWING CRANES

Hydraulic Testing Machine

For the accurate testing of metals.

In use by the United States Government.



TURNTABLES, INJECTORS, SHAFTING ETC.

Bergische Stahl-Industrie

G. m. b. H.

Gußstahlfabrik, Remscheid.

SPEZIALITÄT

Hochwertiger Konstruktionsstahl

als

Nickelstahl bis 40% Nickel **Chromnickelstahl**

für Automobile, Luftschiffe, Boots- und allgemeinen Maschinenbau.

Garantie für zuverlässiges und erstklassiges Material.

Goldene Staatsmedaille Düsseldorf 1902: Goldene Ausstellungsmedaille.
Arbeiterzahl zirka 2000.

Digitized by Google

ROBERT ZAPP

WERKZEUGSTAHL, in jeder Form für alle Verwendungszwecke. Fabrikat **KRUPP**

SCHNELLDREHSTAHL, in verschied. Härtegraden je nach Verwendungszweck. Fabrikat **KRUPP**

HARTSTAHL für Zerkleinerungsmaschinen, Baggerteile, Straßenbahn-Kreuzungen etc. Fabrikat **KRUPP**

AUTOMOBIL-MATERIAL für hochbeanspruchte Teile, in Spezial-, Nickel- und Chromnickel-Qualitäten. Fabrikat **KRUPP**

GESENKSCHMIEDESTÜCKE, PRESSTEILE etc. für d. Kraftwagen-, Motorboot- und Luftfahrzeug-Bau. Fabrikat **KRUPP**

KONSTRUKTIONSSTAHL für hochbeanspruchte Teile des allgemeinen Maschinenbaues. Fabrikat **KRUPP**

KUGELLAGERSTAHL in hoher elastischer Härte, nach Spezialverfahren extra weich geglüht. Fabrikat **KRUPP**

SPEZIALSTAHL f. Spülversatzanlagen, hochbeanspruchte Rohre, besonders Krümmer. Fabrikat **KRUPP**

FEILEN und KALTSÄGEBLÄTTER aus Spezialstahl zur Bearbeitung harter Materialien. Fabrikat **KRUPP**

TIEFBOHRMEISSEL und STEINBOHRSTAHLE für mittelharte, harte und härteste Gesteine. Fabrikat **KRUPP**

WIDERSTANDSMATERIAL für Vorschalt-, Anlaß- u. Regulierwiderstände, höchster spez. Widerstand. Fabrikat **KRUPP**

SCHÖPFKELLEN für Glasfabriken, aus Stahlblech in einem Stück gepreßt. Fabrikat **KRUPP**

DÜSSELDORF

ZWEIGNIEDERLASSUNGEN:

Berlin, Paris, Mailand, Amsterdam, Stuttgart, Nürnberg, Chemnitz.

Digitized by Google

Grand Prix Paris 1889—1900 Grand Prix Paris 1889—1900

SOCIÉTÉ EN COMMANDITE PAR ACTIONS

J. & A. PAVIN DE LAFARGE

CAPITAL: 8,426.800 Francs

Usines de Lafarge, du Teil, de Cruas (Ardèche), de Valdonne et de la Bédoule (B.-du-Rh.), de Contes les Pins (Alpes Maritimes), de Vitry le François (Marne)

La Société est fermière des carrières et fours du Détroit (Propriété de la Commune du Teil)

Chaux hydraulique de Lafarge et du Teil

CIMENT PORTLAND LAFARGE

Ciment blanc et gris, spécial pour carrelages

Ciment extra blanc pour matériaux artificiels, moulages

CHAUX ET CIMENT MARITIMES

Ciment Artificiel

LAFARGE-VALDONNE

(B.-du-Rh.)

Production annuelle: **600.000 TONNES**

Siège social à VIVIERS (Ardèche)

Succursale pour l'exportation, 30 Cours Pierre Puget Marseille. — Agence de Paris, 53 Rue de Châteaudun (IX^e^).

Digitized by Google

SOCIÉTÉ DES CIMENTS FRANÇAIS

Siège social:

BOULOGNE-SUR-MER

SOCIETE ANONYME AU CAPITAL DE DIX MILLIONS

CIMENT PORTLAND

"DEMARLE-LONQUÉTY"

PARIS: Exposition Universelle 1889
HORS CONCOURS, MEMBRE DU JURY

PARIS: Exposition Universelle 1900
HORS CONCOURS, MEMBRE DU JURY

Usines à BOULOGNE-SUR-MER

DESVRES (Pas-de-Calais). — GUERVILLE (Seine-et-Oise). LA SOUYS, près Bordeaux (Gironde). — COUVROT, près Vitry-le-François (Marne).

Production annuelle: 300.000 TONNES

ADRESSES: { **Postale: 80, RUE TAITBOUT, PARIS.**
Télégraphique: CIMFRAN, PARIS.

Digitized by Google

Düsseldorfer Maschinenbau-Act.-Ges.

vorm. **J. LOSENHAUSEN, Düsseldorf-Grafenberg.**

Materialprüf-Maschinen

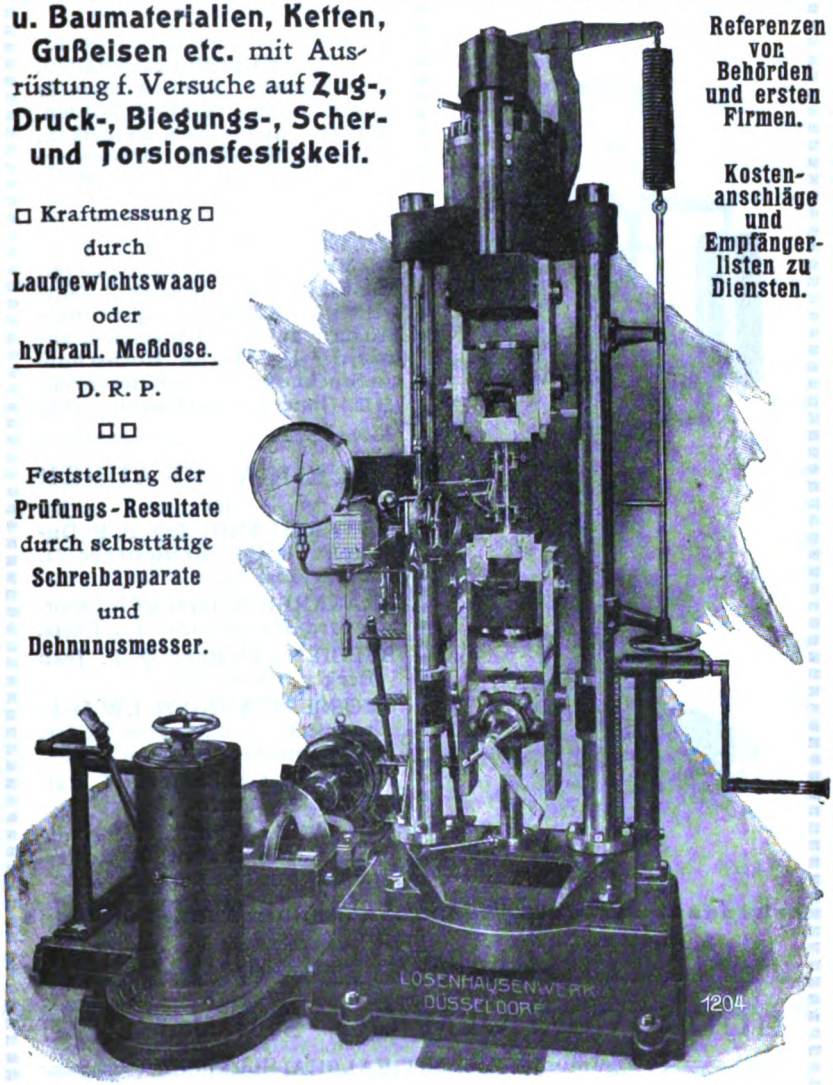
zum Prüfen von **Metallen, Hanf- und Drahtseilen, Zement- u. Baumaterialien, Ketten, Gußeisen etc.** mit Ausrüstung f. Versuche auf **Zug-, Druck-, Biegungs-, Scher- und Torsionsfestigkeit.**

□ Kraftmessung □
durch
Laufgewichtswaage
oder
hydraul. Meßdose.
D. R. P.
□□

Feststellung der **Prüfungs-Resultate** durch selbsttätige **Schreibapparate** und **Dehnungsmesser.**

Referenzen von Behörden und ersten Firmen.

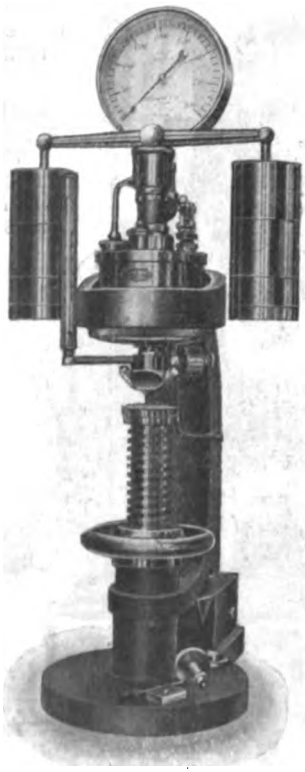
Kostenanschläge und Empfängerlisten zu Diensten.



Universal-Prüfmaschine mit Meßdose D. R. P. für 50.000 kg Zugkraft, mit Schnellspannköpfen. Antrieb durch Elektromotor, f. beliebige Zugspindelgeschwindigkeit eingerichtet.

Digitized by Google

Apparate zur Bestimmung der Härte an Metallen.



Bereits geliefert an die bedeutendsten Materialprüfungsanstalten, Stahlwerke, Schiffswerften, Eisenbahnen, Militärbehörden, Waffen- und Geschoßfabriken, Automobilfabriken, Werkzeugfabriken etc. der ganzen Welt.

Genaue Resultate, selbst wenn das Manometer unrichtig anzeigt. Ausführlicher Prospekt, Gutachten der Kgl. Materialprüfungs-Anstalt zu Gr.-Lichterfelde, sowie der Kgl. Techn. Hochschule zu Stockholm, nebst Referenzenliste auf Verlangen.

ALLEIN-VERKÄUFER
für

DEUTSCHLAND: Ing. P. F. Dujardin & Co., Breitestraße 71, Düsseldorf 74.

FRANKREICH: Jarre & Cie., Boulevard Haussmann 43, Paris.

BELGIEN: Philippe & L. Jean Berger, Charleroi.

GROSSBRITANNIEN: J. W. Jackman & Co. Ltd., Carton House, Westminster, London SW.

ITALIEN: A. C. Zambelli, C. Raffaello 20, Turin.

HOLLAND: Wynmalen & Hausmann, Glashaven 2, Rotterdam.

AKTIEBOLAGET ALPHA

STOCKHOLM C 1, Schweden.

Telegrammadresse: AKTIEALPHA, Stockholm.

Herausgeber und Verleger: Internationaler Verband für die Materialprüfungen der Technik, Wien, II/2, Nordbahnstraße 50. — Buchdruckerei Paul Gerin, Wien.

Digitized by Google

MAY 2 1912

MITTEILUNGEN

DES INTERNATIONALEN VERBANDES FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

Erscheinen in zwanglosen Heften, wenigstens 4 mal jährlich, in deutscher, französischer und englischer Ausgabe. Für Mitglieder des Verbandes unentgeltlich.

WIEN,
1. März 1912.
Bd. II. Nr. 7.

Preis dieser Nummer für Nichtmitglieder M 1.—. Kommissionsverlag für die deutsche Ausgabe: J. Springer, Berlin N. 24, Monbijouplatz 3.

Inhalt: Geschäftliche Mitteilungen.

Diese Nummer enthält:

	Seite
Personalnachrichten	385
Neue Subventionen	385
Änderungen in Kommissionen und Berichterstattungen	385
Mitteilungen über den VI. Kongreß	385
Das Kongreßprogramm	386
Verzeichnis der auf dem VI. Kongresse zu behandelnden Berichte	389
Protokoll der XXIII. Vorstandssitzung, abgehalten in Dresden am 27. Jänner 1912	397

Der VI. Kongreß des Verbandes

findet in New York in der Zeit vom 3. bis 7. September 1912 statt.

Dieser Nummer liegt die Kongreßeinladung des Organisations-Komitee und der Anmeldebogen zur Teilnahme an dem Kongresse bei.

Internationaler Verband für die Materialprüfungen der Technik

Generalsekretariat: Wien, II., Nordbahnstraße 60.

Die Mitglieder des Verbandes erhalten alle Veröffentlichungen unentgeltlich zugesandt. Jährlicher Mitgliedsbeitrag mindestens 8 Mark. Anmeldungen beim Vorstandsmitgliede des betreffenden Landes oder im Generalsekretariate.

Digitized by Google

OPTISCH-MECHANISCHE WERKE

C. REICHERT, WIEN, VIII/2

Gegründet □ 1878 □

Spezialität: Mikroskope und Nebenapparate.

Neues Metallmikroskop. Vollkommenste Einrichtung für Metalluntersuchungen, in den ersten Stahlwerken bereits eingeführt.

Man verlange Preisliste, Kostenvoranschläge und Mikrophotographien.

Metallmikroskope nach REJTÖ. Mikroskop nach BRINELL zur Bestimmung der Härte und Festigkeit von Metallen.

Bergische Stahl-Industrie

G. m. b. H.

Gußstahlfabrik, Remscheid.

SPEZIALITÄT

Hochwertiger Konstruktionsstahl

als

Nickelstahl bis 40% Nickel **Chromnickelstahl**

für Automobile, Luftschiffe, Boots- und allgemeinen Maschinenbau. □□

Garantie für zuverlässiges und erstklassiges Material.

Goldene Staatsmedaille □□ Düsseldorf 1902: Goldene Ausstellungsmedaille.
Arbeiterzahl zirka 2000.

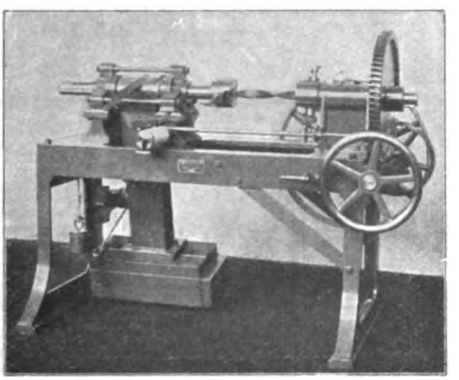
Digitized by Google

J. AMSLER-LAFFON & SOHN

in Schaffhausen (Schweiz).

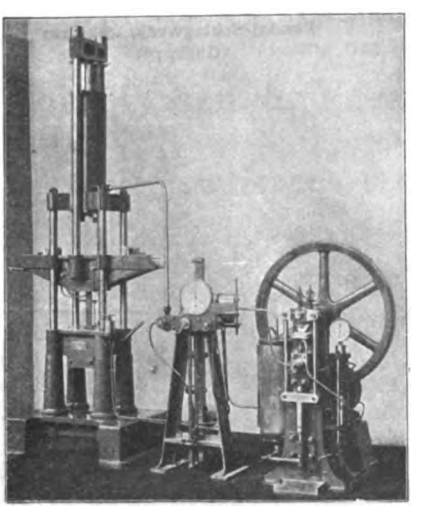
Materialprüfungs-Maschinen

in allen Größen

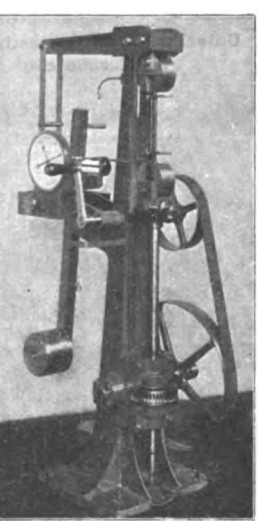


150 m kg Torsionsmaschine.

für Metalle,
Zement, Beton,
Stein, Holz etc.
auf Zug, Druck,
Biegung, Torsion,
Schlag, Härte,
Abnützung,
Wasserdurch-
lässigkeit etc.



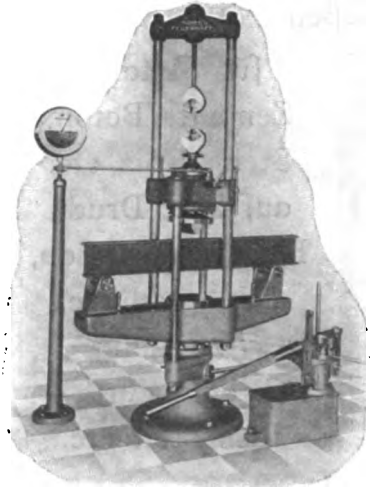
50 t Zug-, Druck- und Biege-
maschine.



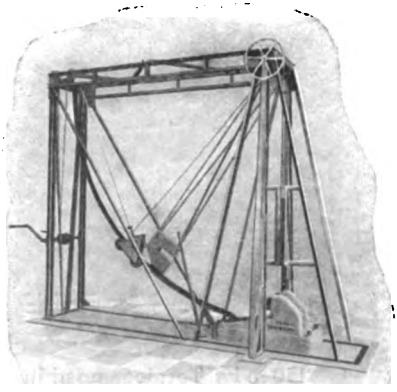
2 t Zug- und Druck-
maschine.

Digitized by Google

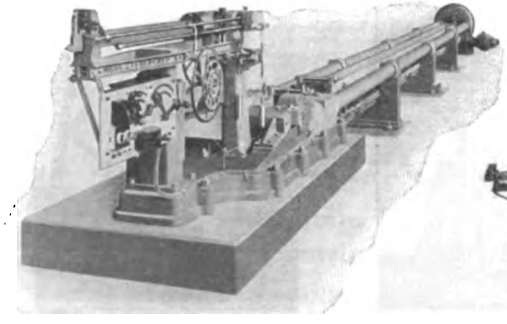
Mannheimer Maschinenfabrik
MOHR & FEDERHAFF, MANNHEIM (Baden).
Spezial-Fabrik für
Materialprüfungs-Maschinen.



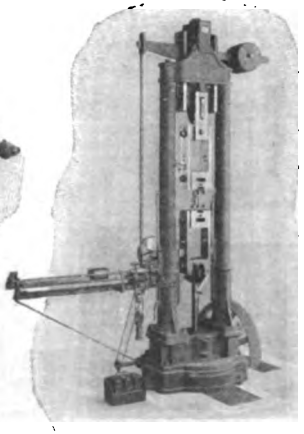
Universal-Prüfungsmaschine mit Meßdose.



Pendel-Schlagwerk, „System Charpy".



Liegende Prüfungsmaschine mit elektrischem Antrieb.



50-t. Zerreißmaschine mit Laufgewichtswaage.

Digitized by Google

F. L. SMIDTH & Co.

INGENIEURE UND MASCHINENFABRIKANTEN

KOPENHAGEN K ○ **BERLIN NW 6**

Vestergade 33 — Schiffbauerdamm 27

LONDON — Pal. Chambers, 9, Bridge Str., S.W.

PARIS — 5, rue Fénelon (10e)

NEW YORK — 50, Church Street, City

BIELITZ (Österr.-Schlesien)

ST. PETERSBURG — Gorochovaja 1

BAUPLÄNE UND MASCHINEN

für

Zementwerke und Kalkwerke

sowie

Minen-Industrie

Vorherige Prüfung der Rohstoffe in unserem

Chemischen u. Versuchslaboratorium

mit

Versuchsrotierern und Versuchsmühlen

ausgestattet

Zeichen- und Konstruktions-Bureau

in Verbindung mit unseren verschiedenen eigenen

= Maschinenwerkstätten =

in

KOPENHAGEN, LÜBECK und NEW YORK

☛ Anfragen bitten wir nur **direkt** an uns zu richten ☚

Digitized by Google

Grand Prix Paris 1889—1900 Grand Prix Paris 1889—1900

SOCIÉTÉ EN COMMANDITE PAR ACTIONS

J. & A. PAVIN DE LAFARGE

CAPITAL: 8,426.800 Francs

Usines de Lafarge, du Teil, de Cruas (Ardèche), de Valdonne et de la Bédoule (B.-du-Rh.), de Contes les Pins (Alpes Maritimes), de Vitry le François (Marne)

La Société est fermière des carrières et fours du Détroit (Propriété de la Commune du Teil)

Chaux hydraulique de Lafarge et du Teil

CIMENT PORTLAND LAFARGE

Ciment blanc et gris, spécial pour carrelages

Ciment extra blanc pour matériaux artificiels, moulages

CHAUX ET CIMENT MARITIMES

Ciment Artificiel

LAFARGE-VALDONNE

(B.-du-Rh.)

Production annuelle: **600.000 TONNES**

Siège social à VIVIERS (Ardèche)

Succursale pour l'exportation, 30 Cours Pierre Puget Marseille. — Agence de Paris, 53 Rue de Châteaudun (IX^e).

Digitized by Google

SOCIÉTÉ DES CIMENTS FRANÇAIS

Siège social:

BOULOGNE-SUR-MER

SOCIETE ANONYME AU CAPITAL DE DIX MILLIONS

CIMENT PORTLAND

"DEMARLE-LONQUÉTY"

PARIS: Exposition Universelle 1889
HORS CONCOURS, MEMBRE DU JURY

PARIS: Exposition Universelle 1900
HORS CONCOURS, MEMBRE DU JURY

Usines à BOULOGNE-SUR-MER

□ **DESVRES (Pas-de-Calais). — GUERVILLE (Seine-et-Oise). □ LA SOUYS, près Bordeaux (Gironde). — COUVROT, près Vitry-le-François (Marne).**

Production annuelle: 300.000 TONNES

ADRESSES: { **Postale: 80, RUE TAITBOUT, PARIS.**
Télégraphique: CIMFRAN, PARIS.

Digitized by Google

Düsseldorfer Maschinenbau-Act.-Ges.

vorm. **J. LOSENHAUSEN, Düsseldorf-Grafenberg.**

Materialprüf-Maschinen

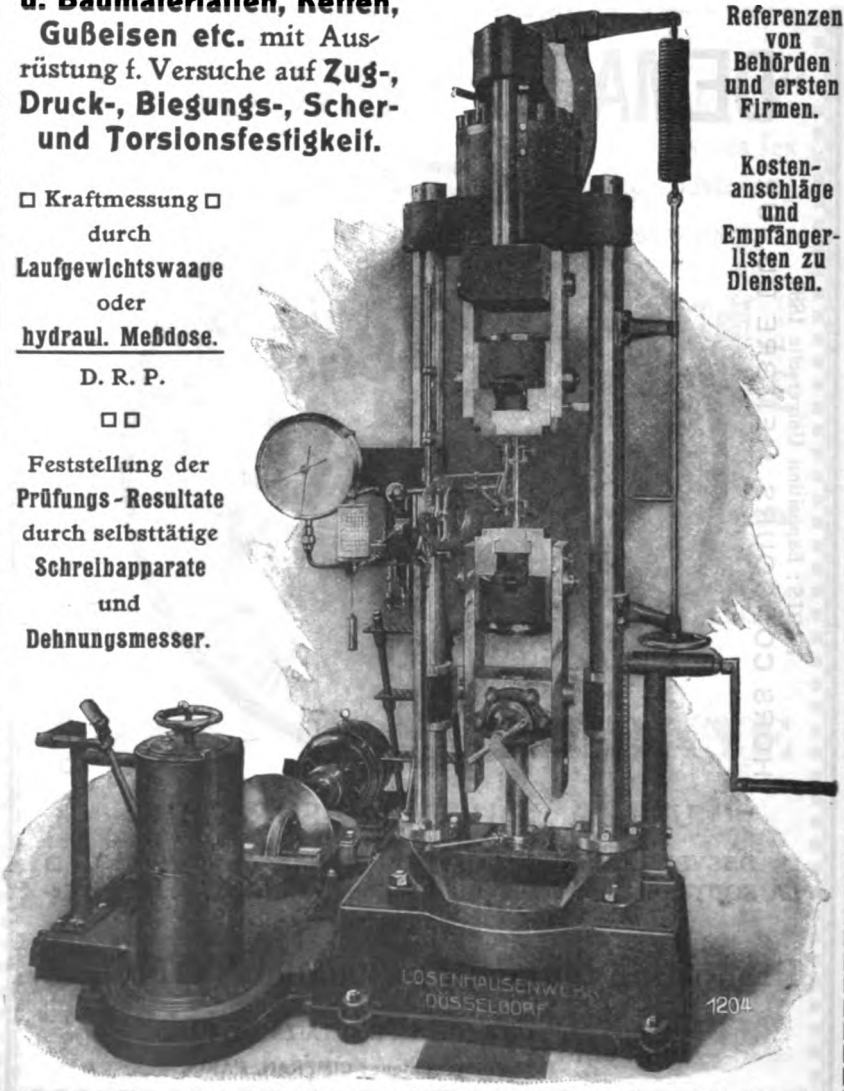
zum Prüfen von **Metallen, Hanf- und Drahtseilen, Zement- u. Baumaterialien, Ketten, Gußeisen etc.** mit Ausrüstung f. Versuche auf **Zug-, Druck-, Biegungs-, Scher- und Torsionsfestigkeit.**

□ Kraftmessung □
durch
Laufgewichtswaage
oder
hydraul. Meßdose.
D. R. P.
□□

Feststellung der
Prüfungs-Resultate
durch selbsttätige
Schreibapparate
und
Dehnungsmesser.

Referenzen von Behörden und ersten Firmen.

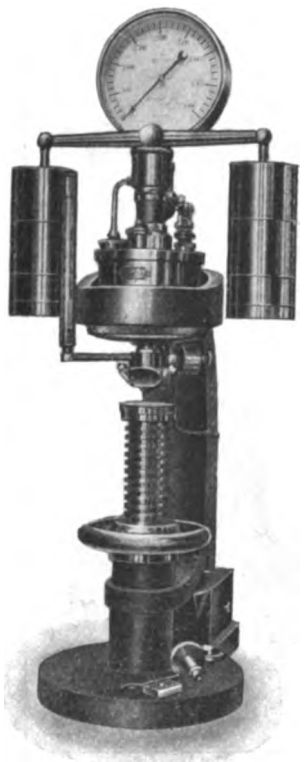
Kostenanschläge und Empfängerlisten zu Diensten.



Universal-Prüfmaschine mit Meßdose D. R. P. für 50.000 kg Zugkraft, mit Schnellspannköpfen. Antrieb durch Elektromotor, f. beliebige Zugspindelgeschwindigkeit eingerichtet.

Digitized by Google

Apparate zur Bestimmung der Härte an Metallen.



Bereits geliefert an die bedeutendsten Materialprüfungsanstalten, Stahlwerke, Schiffswerften, Eisenbahnen, Militärbehörden, Waffen- und Geschoßfabriken, Automobilfabriken, Werkzeugfabriken etc. der ganzen Welt.

Genaue Resultate, selbst wenn das Manometer unrichtig anzeigt. Ausführlicher Prospekt, Gutachten der Kgl. Materialprüfungs-Anstalt zu Gr.-Lichterfelde, sowie der Kgl. Techn. Hochschule zu Stockholm, nebst Referenzenliste auf Verlangen.

ALLEIN-VERKÄUFER
für

DEUTSCHLAND: Ing. P. F. Dujardin & Co., Breitestraße 71, Düsseldorf 74.

FRANKREICH: Jarre & Cie., Boulevard Haussmann 43, Paris.

BELGIEN: Philippe & L. Jean Berger, Charleroi.

GROSSBRITANNIEN: J. W. Jackman & Co. Ltd., Caxton House, Westminster, London SW.

ITALIEN: A. C. Zambelli, C. Raffaello 20, Turin.

HOLLAND: Wynmalen & Hausmann, Glashaven 2, Rotterdam.

AKTIEBOLAGET ALPHA

STOCKHOLM C 1, Schweden.

Telegrammadresse: AKTIEALPHA, Stockholm.

Herausgeber und Verleger: Internationaler Verband für die Materialprüfungen der Technik, Wien, II/2, Nordbahnstraße 50. — Buchdruckerei Paul Gerin, Wien.

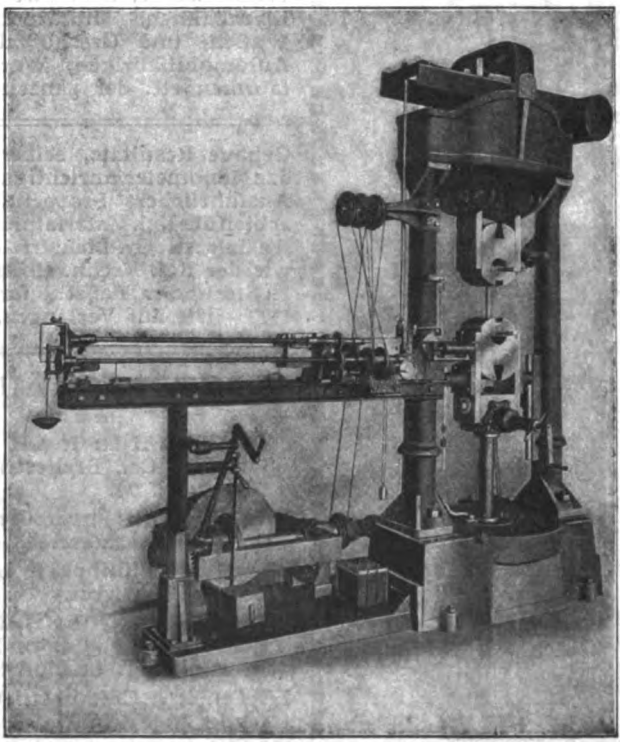
Digitized by Google

Carl Schenck

Eisengießerei und Maschinen-Fabrik

Darmstadt

Gesellschaft mit beschränkter Haftung.



Materialprüfungsmaschinen mit Laufgewichtswage oder Meßdose.

Kettenprüfungsmaschinen bis 200 tons.

Federprüfungsmaschinen. — Pendelschlagwerke.

Windenprüfungsmaschinen.

Digitized by Google

MITTEILUNGEN

DES INTERNATIONALEN VERBANDES FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

Erscheinen in zwangloser Folge, wenigstens 4 mal jährlich, in deutscher, französischer und englischer Ausgabe. Für Mitglieder des Verbandes unentgeltlich.

WIEN,
20. April 1912.
Bd. II. Nr. 8.

Preis dieser Nummer für Nichtmitglieder M 1·50. Kommissionsverlag für die deutsche Ausgabe: J. Springer, Berlin W 9, Linkstraße 23-24.

Inhalt: Berichte für den VI. Kongreß, New York 1912.

Diese Nummer enthält folgende Kongreßberichte:

II$_5$ Die Umwandlung des Eisens unterhalb 700°. Von **Felix Robin,** Paris.

II$_8$ Die Nützlichkeit einer metallographischen Nomenklatur. Von **Felix Robin,** Paris.

II$_{11}$ Mikrographische Studien. Von der **Prüfungsstation für Metalle der Paris-Lyon-Mediterranée-Bahn,** Paris.

II$_{12}$ Bildung von Legierungen durch Übereinanderlagerung. Von **Henry Le Chatelier,** Paris.

III$_4$ Bemerkungen über die Abnützung der Bronzen. Von **A. Portevin,** Paris und **E. Nusbaumer,** Jeumont.

IV$_6$ Über den Einfluß der Stabform und der Behandlung des Metalles auf die Resultate bei der Kerbschlagbiegeprobe. Von Dr. **A. Schmid,** Zürich.

V$_3$ Ermüdung der Metalle. Von **O. Boudouard,** Paris.

VI$_4$ Untersuchung über den Einfluß der Form des Probestabes auf die mechanischen Eigenschaften des Gußeisens. Vorgelegt von Dr. **J. E. Stead,** Middlesborough.

IX$_1$ Die magnetischen und elektrischen Eigenschaften der Materialien in Beziehung zu ihrer mechanischen Prüfung. Von **Charles W. Burrows,** Washington.

X$_1$ Verfahren zur Schnellbestimmung des Kohlenstoffgehaltes von Flußeisen, Stahl, Gußeisen und Ferrolegierungen. Von **H. de Nolly,** St. Chamond.

X$_4$ Neues Prüfungsverfahren für Nieteisen. Von **Ch. Frémont,** Paris.

XII$_2$ Bauunfälle im Eisenbetonbau. Von Dr. **F. v. Emperger,** Wien.

XII$_4$ Verhältnis zwischen der Festigkeit und der Elastizität des auf Druck beanspruchten Betons. Von Prof. **F. Schüle,** Zürich.

XVII$_1$ Untersuchung des Zustandes der im Baltischen Meere im Hafen von Libau versenkten Versuchs- und Baublöcke. Von **W. Czarnomski,** St. Petersburg.

XX$_2$ Wasserdichter Beton. Von **Albert Grittner,** Budapest.

XXII$_1$ Bericht über den gegenwärtigen Stand der Kautschukanalyse. Von Prof. Dr. **F. Willy Hinrichsen,** Berlin.

XXIX$_1$ Grundsätze für die Organisation des öffentlichen Materialprüfungswesens. Von Prof. Dr. **A. Martens,** Berlin.

XXIX$_4$ Über eine neue Methode zum Vergleichen der Angaben von Prüfungsmaschinen. Von Prof. **F. Schüle** und **Ed. Brunner,** Zürich.

Der VI. Kongreß des Verbandes
findet in New York in der Zeit vom 3. bis 7. September 1912 statt.
Generalsekretariat: Wien, II/$_5$ Nordbahnstraße 50.

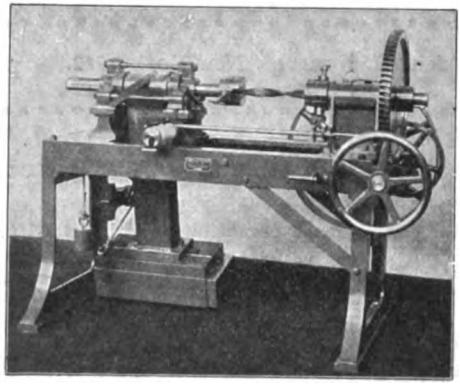
Digitized by Google

J. AMSLER-LAFFON & SOHN

in Schaffhausen (Schweiz).

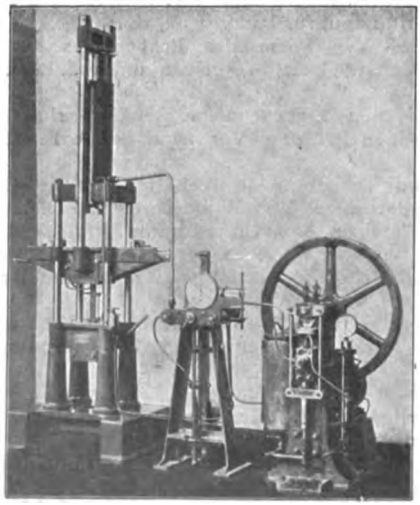
Materialprüfungs-Maschinen

in allen Größen

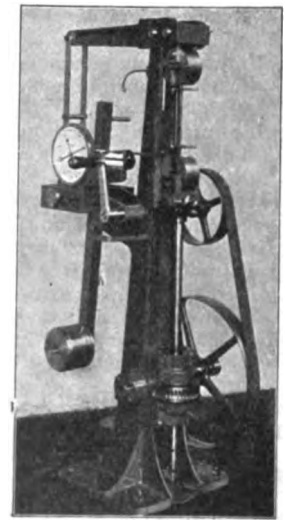


150 m kg Torsionsmaschine.

für Metalle,
Zement, Beton,
Stein, Holz etc.
auf Zug, Druck,
Biegung, Torsion,
Schlag, Härte,
Abnützung,
Wasserdurch-
lässigkeit etc.



50 t Zug-, Druck- und Biege-
maschine.



2 t Zug- und Druck-
maschine.

Digitized by Google

Bd. II. **MITTEILUNGEN** Nr. 8.

DES INTERNATIONALEN VERBANDES FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

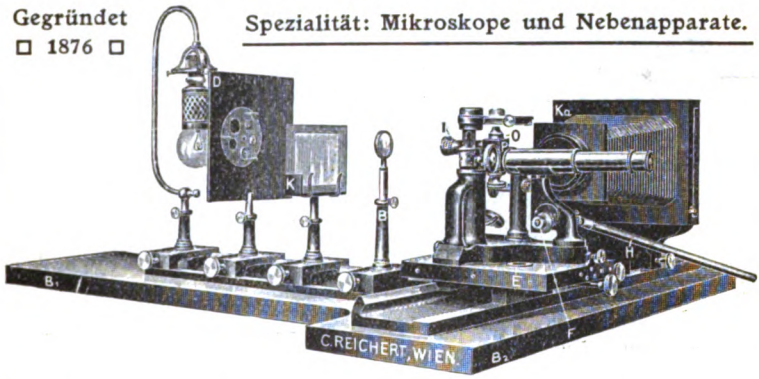
INHALT: Kongreßberichte.

OPTISCH-MECHANISCHE WERKE

C. REICHERT, WIEN, VIII/2

Gegründet
□ 1876 □

Spezialität: Mikroskope und Nebenapparate.



Neues Metallmikroskop. Vollkommenste Einrichtung für Metalluntersuchungen, in den ersten Stahlwerken bereits eingeführt.

Man verlange Preisliste, Kostenvoranschläge und Mikrophotographien.

Metallmikroskope nach REJTÖ. Mikroskop nach BRINELL zur Bestimmung der Härte und Festigkeit von Metallen.

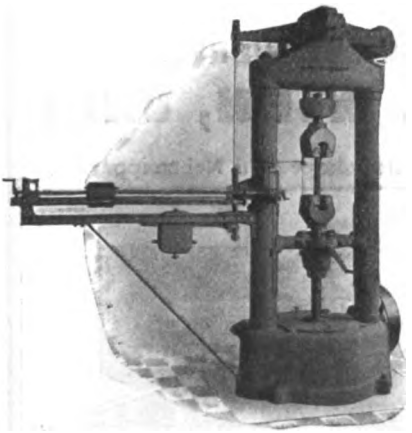
INTERNATIONALER VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK

Generalsekretariat: Wien, II., Nordbahnstraße 50.

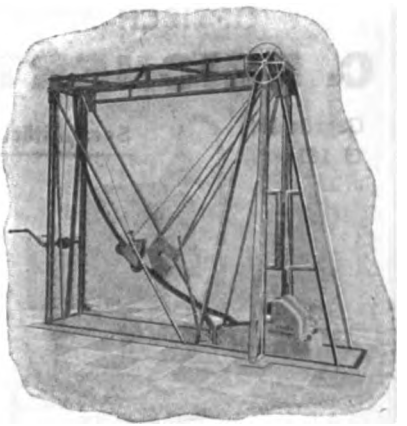
Die Mitglieder des Verbandes erhalten alle Veröffentlichungen unentgeltlich zugesandt. Jährlicher Mitgliedsbeitrag mindestens 8 Mark. Anmeldungen beim Vorstandsmitgliede des betreffenden Landes oder im Generalsekretariate.

Digitized by Google

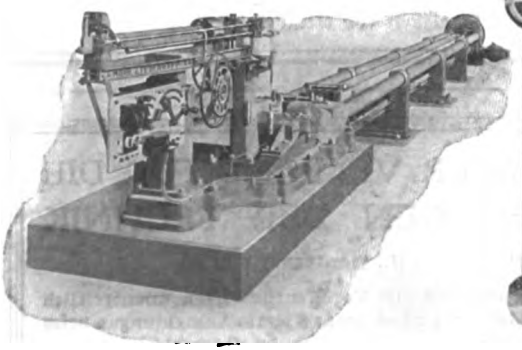
Mannheimer Maschinenfabrik
MOHR & FEDERHAFF, MANNHEIM (Baden).
Spezial-Fabrik für
Materialprüfungs-Maschinen.



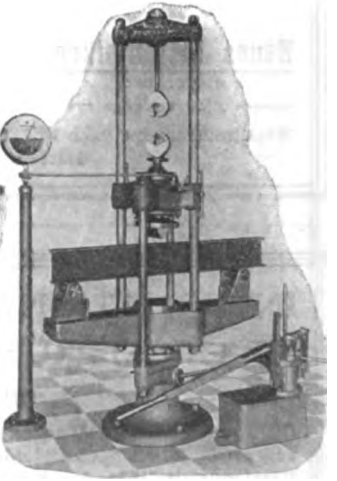
50-t. Zerreißmaschine mit Laufgewichtswaage.



Pendel-Schlagwerk, „System Charpy".



Liegende Prüfungsmaschine mit elektrischem Antrieb.



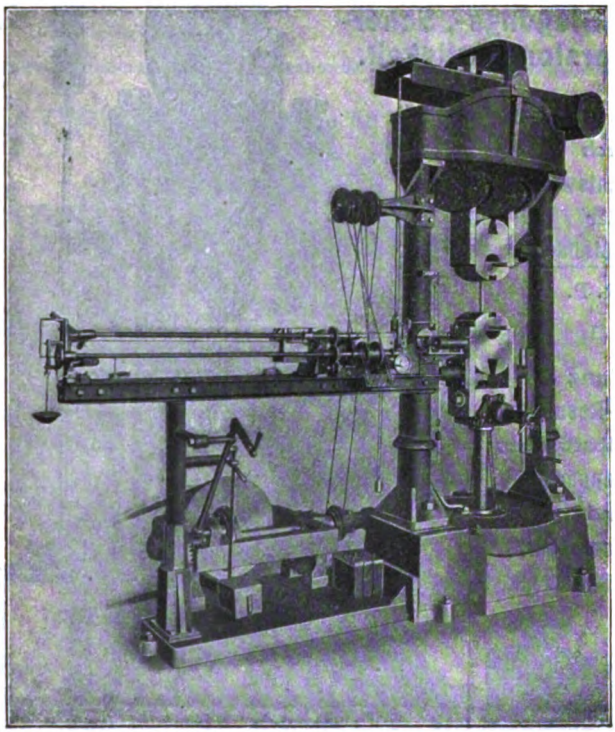
Universal-Prüfungsmaschine mit Meßdose.

Digitized by Google

Carl Schenck Eisengießerei und Maschinen-Fabrik

Darmstadt

Gesellschaft mit beschränkter Haftung.



Materialprüfungsmaschinen mit Laufgewichtswage oder Meßdose.

Kettenprüfungsmaschinen bis 200 tons.

Federprüfungsmaschinen. — Pendelschlagwerke.

Windenprüfungsmaschinen.

Digitized by Google

Düsseldorfer Maschinenbau-Act.-Ges.

vorm. **J. LOSENHAUSEN, Düsseldorf-Grafenberg.**

Materialprüf-Maschinen

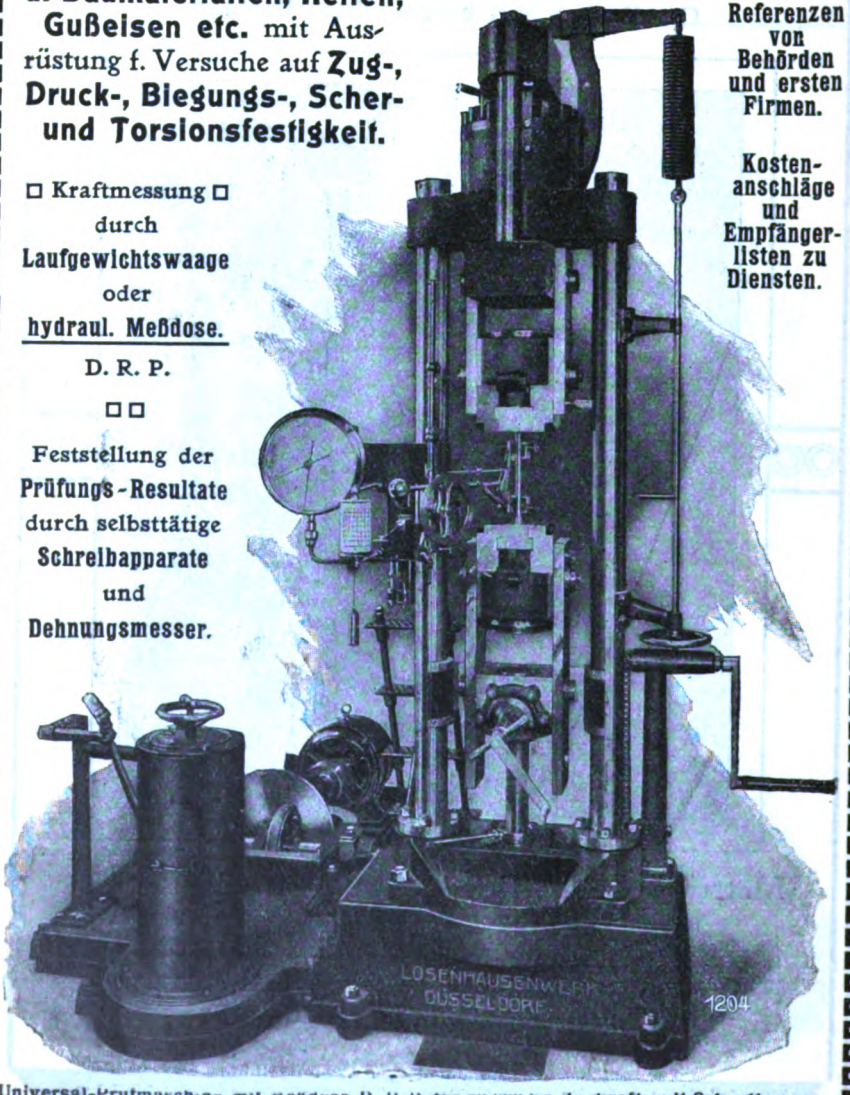
zum Prüfen von **Metallen, Hanf- und Drahtseilen, Zement- u. Baumaterialien, Ketten, Gußeisen etc.** mit Ausrüstung f. Versuche auf **Zug-, Druck-, Biegungs-, Scher- und Torsionsfestigkeit.**

□ Kraftmessung □
durch
Laufgewichtswaage
oder
hydraul. Meßdose.
D. R. P.
□□

Feststellung der **Prüfungs-Resultate** durch selbsttätige **Schreibapparate** und **Dehnungsmesser.**

Referenzen von Behörden und ersten Firmen.

Kostenanschläge und Empfängerlisten zu Diensten.



Universal-Prüfmaschine mit Meßdose D. R. P. für 50.000 kg Zugkraft, mit Schnellspannköpfen. Antrieb durch Elektromotor, f. beliebige Zugspindelgeschwindigkeit eingerichtet.

Digitized by Google

F. L. SMIDTH & Co.

INGENIEURE UND MASCHINENFABRIKANTEN

KOPENHAGEN K ○ **BERLIN NW 6**

Vestergade 33 — Schiffbauerdamm 27

LONDON — Pal. Chambers, 9, Bridge Str., S.W.

PARIS — 5, rue Fénelon (10e)

NEW YORK — 50, Church Street, City

BIELITZ — (Österr.-Schlesien)

ST. PETERSBURG — Gorochovaja 1

BAUPLÄNE UND MASCHINEN

für

Zementwerke und Kalkwerke

sowie

Minen-Industrie

Vorherige Prüfung der Rohstoffe in unserem

Chemischen u. Versuchslaboratorium

mit

Versuchsrotierern und Versuchsmühlen

ausgestattet

Zeichen- und Konstruktions-Bureau

in Verbindung mit unseren verschiedenen eigenen

= Maschinenwerkstätten =

in

KOPENHAGEN, LÜBECK und NEW YORK

Anfragen bitten wir nur **direkt** an uns zu richten

Digitized by Google

Grand Prix Paris 1889—1900 Grand Prix Paris 1889—1900

SOCIÉTÉ EN COMMANDITE PAR ACTIONS

J. & A. PAVIN DE LAFARGE

CAPITAL: 8,426.800 Francs

Usines de Lafarge, du Teil, de Cruas (Ardèche), de Valdonne et de la Bédoule (B.-du-Rh.), de Contes les Pins (Alpes Maritimes), de Vitry le François (Marne)

La Société est fermière des carrières et fours du Détroit (Propriété de la Commune du Teil)

Chaux hydraulique de Lafarge et du Teil

CIMENT PORTLAND LAFARGE

Ciment blanc et gris, spécial pour carrelages

Ciment extra blanc pour matériaux artificiels, moulages

CHAUX ET CIMENT MARITIMES

Ciment Artificiel

LAFARGE-VALDONNE

(B.-du-Rh.)

Production annuelle: **600.000 TONNES**

Siège social à VIVIERS (Ardèche)

Succursale pour l'exportation, 30 Cours Pierre Puget Marseille. — Agence de Paris, 53 Rue de Châteaudun (IX°).

Digitized by Google

SOCIÉTÉ DES CIMENTS FRANÇAIS

Siège social:

BOULOGNE-SUR-MER

SOCIETE ANONYME AU CAPITAL DE DIX MILLIONS

CIMENT PORTLAND

"DEMARLE-LONQUÉTY"

PARIS: Exposition Universelle 1889
HORS CONCOURS, MEMBRE DU JURY

PARIS: Exposition Universelle 1900
HORS CONCOURS, MEMBRE DU JURY

Usines à BOULOGNE-SUR-MER

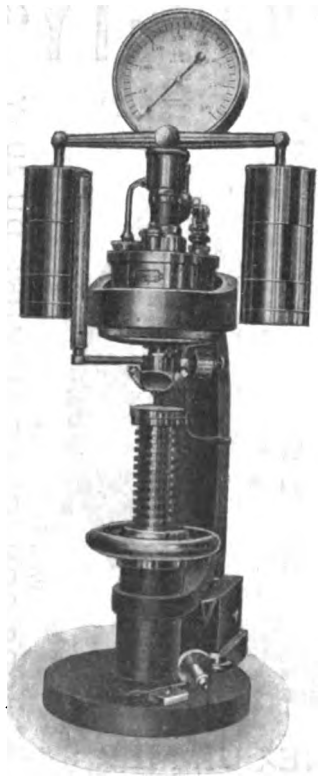
□ DESVRES (Pas-de-Calais). — GUERVILLE (Seine-et-Oise). □
LA SOUYS, près Bordeaux (Gironde). — COUVROT, près Vitry-le-François (Marne).

Production annuelle: 300.000 TONNES

ADRESSES: { Postale: 80, RUE TAITBOUT, PARIS.
Télégraphique: CIMFRAN, PARIS.

Digitized by Google

Apparate zur Bestimmung der Härte an Metallen.



Bereits geliefert an die bedeutendsten Materialprüfungsanstalten, Stahlwerke, Schiffswerften, Eisenbahnen, Militärbehörden, Waffen- und Geschoßfabriken, Automobilfabriken, Werkzeugfabriken etc. der ganzen Welt.

Genaue Resultate, selbst wenn das Manometer unrichtig anzeigt. Ausführlicher Prospekt, Gutachten der Kgl. Materialprüfungs-Anstalt zu Gr.-Lichterfelde, sowie der Kgl. Techn. Hochschule zu Stockholm, nebst Referenzenliste auf Verlangen.

ALLEIN-VERKÄUFER
für

DEUTSCHLAND: Ing. P. F. Dujardin & Co., Breitestraße 71, Düsseldorf 74.

FRANKREICH: Jarre & Cie., Boulevard Haussmann 43, Paris.

BELGIEN: Philippe & L. Jean Berger, Charleroi.

GROSSBRITANNIEN: J. W. Jackman & Co. Ltd., Caxton House, Westminster, London SW.

HOLLAND: Wynmalen & Haasmann, Glashaven 2, Rotterdam.

AKTIEBOLAGET ALPHA

STOCKHOLM C 1, Schweden.

Telegrammadresse: AKTIEALPHA, Stockholm.

Herausgeber und Verleger: Internationaler Verband für die Materialprüfungen der Technik, Wien, II/2, Nordbahnstraße 50. — Buchdruckerei Paul Gerin, Wien.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google